





ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

Fortsetzung des von Reil, Reil u. Autenrieth, J. F. Meckel, Joh. Müller Reichert u. du Bois-Reymond herausgegebenen Archives.

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. WILH. HIS und Dr. WILH. BRAUNE,

PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

Dr. EMIL DU BOIS-REYMOND,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1889.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1889.

ARCHIV

FÜR

PHYSIOLOGIE.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG DES
ARCHIVES FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

UNTER MITWIRKUNG MEHRERER GELEHRTEN

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1889.

MIT ABBILDUNGEN IM TEXT UND ZEHN TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1889.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhalt.

Seite

I. Rosenthal, Calorimetrische Untersuchungen. Erster Artikel. (Hierzu Taf. I.) 1
I. Rosenthal, Calorimetrische Untersuchungen. Zweiter Artikel 23
I. Rosenthal, Calorimetrische Untersuchungen. Dritter Artikel 39
Margherita Traube-Mengarini, Ueber die Gase in der Schwimmblase der Fische 54
I. Rosenthal, Ueber künstliche Athmung 64
R. Nicolaides, Ueber den zeitlichen Verlauf des Muskelstromes 73
Lahousse, Die Gase des Peptonblutes 77
A. Gürber, Die Gesammtzahl der Blutkörperchen und ihre Variation 83
Otto Drasch, Beobachtungen an lebenden Drüsen mit und ohne Reizung der Nerven derselben. (Hierzu Taf. II—VI.) 96
Ellenberger und Hofmeister, Ueber die Verdauung des Schweines 137
Alfred Goldscheider, Bemerkungen über einen Fall von Riesenwuchs . . . 154
Hensen, Physiologisches Practicum 162
J. Orschansky, Zur Lehre von der Willensthätigkeit 173
Johannes Gad und Max Joseph, Ueber die Beziehungen der Nervenfasern zu den Nervenzellen in den Spinalganglien 199
De Boeck, Die Reizung des Kaninchenrückenmarkes mit der Nadel. (Hierzu Taf. VII.) 238
Ludolf Krehl, Ueber den Herzmuskelton 253
Jos. Katzenstein, Plethysmographische Beobachtungen am Frosche 258
Severin Jolin, Zur Kenntniss der Absorptionsverhältnisse verschiedener Haemoglobine 265
Ludolf Krehl, Die Mechanik der Tricuspidalklappe. (Hierzu Taf. VIII.) . . 289
E. Hüfler, Die abgestufte Reizung des Herzvagus. (Hierzu Taf. IX.) . . . 295
E. du Bois-Reymond, Bemerkungen über einige neuere Versuche an Torpedo . 316
Aus einem Schreiben an den Herausgeber von I. Steiner 368
Alfred Goldscheider, Untersuchungen über den Muskelsinn 369
J. Gad, Kurze Bemerkung zu Alfred Goldscheider's „Untersuchungen über den Muskelsinn 503
Eugen Gröper, Ein Beitrag zur Lehre von der Fettresorption 505
Richard Altmann, Ueber Nucleïnsäuren 524
Paul Flechsig, Ueber eine neue Färbungsmethode des centralen Nervensystems und deren Ergebnisse bezüglich des Zusammenhanges von Ganglienzellen und Nervenfasern. (Hierzu Taf. X.) 537
S. J. Meltzer, Erwiderung an Hrn. J. Steiner 568

Seite

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1888—89:

N. ZUNTZ, Beschreibung des von Hrn. LOEWY zu seinen Respirationsversuchen am Menschen benutzten Apparates (I) 166
LOEWY, Ueber den Einfluss salinischer Abführmittel auf den Gaswechsel des Menschen 167
J. F. HEYMANN, Ueber die relative Giftigkeit der Oxal-, Malon-, Bernstein- und Brenzweinsäure, sowie ihre Natriumsalze 168
W. UHTHOFF, Ueber die zur Erzeugung eben merklicher Farbendifferenzen erforderlichen Aenderungen der Wellenlänge spectralen Lichtes 171
BARTH, Ueber die Darstellung des häutigen Labyrinthes 345
MÖBIUS, Ueber die Bewegung der fliegenden Fische durch die Luft 348
POSNER, Ueber Schleimhautverhornung 349
GAD, Ueber Leitungsfähigkeit und Reizbarkeit der Nerven in ihren Beziehungen zur Längs- und Quererregbarkeit. 350
G. KLEMPERER, Ueber den Eiweissbedarf in gesunden und in einigen krankhaften Zuständen 361
SCHWEIGGER, Ueber den elektrischen Augenspiegel 365
BLASCHKO, Ueber den Verhornungsprocess (I) 366
BLASCHKO, Ueber den Verhornungsprocess (II) 539
GOLDSCHEIDER, Ueber den Muskelsinn 540
SAUERMANN, Ueber die Wirkung organischer Farbstoffe auf das Gefieder der Vögel bei stomachaler Darreichung 543
VON OPENCHOWSKI, Ueber Centren und Leitungsbahnen für die Musculatur des Magens 549
OBERMÜLLER, Ueber eine Reaction des Cholesterins 556
N. ZUNTZ, Ueber die Wärmeregulation beim Menschen, nach Versuchen des Hrn. A. LOEWY 558
E. HERTER, Ueber den Einfluss der Zubereitung auf die Verdaulichkeit von Rind- und Fischfleisch, nach Versuchen von Hrn. Dr. POPOFF 561
COWL, Ueber das mechanische Latenzstadium des Gesammtmuskels 563

Calorimetrische Untersuchungen.

Von

J. Rosenthal.

Erster Artikel.

(Hierzu Taf. I.)

1. Vorbemerkung.

Schon als ich im Jahre 1872 meine kleine Schrift „*Zur Kenntniss der Wärmeregulirung bei warmblütigen Thieren*“[1] abfasste, war es mein Wunsch, durch genauere Bestimmungen über die Wärmeproduction die Einsicht in den physiologischen Zusammenhang der Wärmeerscheinungen weiter zu führen, als es nach dem damaligen Stande unserer Kenntnisse möglich war. Ich konnte mich aber nicht entschliessen, dies mit den damals gegebenen Hülfsmitteln zu versuchen, weil ich überzeugt war, dass sie unzureichend seien. Seitdem habe ich den Gegenstand nicht aus den Augen gelassen. Jetzt, da ich glaube, wenigstens einigermaassen brauchbare Methoden zu besitzen, werde ich im Folgenden die von mir benutzten Apparate und die mit ihnen angestellten Versuche mittheilen und den Grad der Zuverlässigkeit, welche die aus ihnen zu ziehenden Schlüsse beanspruchen können, zu beleuchten versuchen.

Wenn diese Bestrebungen sich auf eine so lange Reihe von Jahren erstrecken, so liegt der Grund dafür, neben mannichfachen äusseren Umständen, welche häufige Unterbrechungen veranlassten, in den grossen Schwierigkeiten der Aufgabe, besonders aber auch in der Kostspieligkeit der herzustellenden Apparate. Ich wäre auch kaum im Stande gewesen, die letzteren zu beschaffen ohne die Unterstützung, welche mir zu diesem Zwecke

[1] Erlangen 1872, Verlag von Eduard Besold.

Seite

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1888—89:

N. Zuntz, Beschreibung des von Hrn. Loewy zu seinen Respirationsversuchen am Menschen benutzten Apparates (I) 166
Loewy, Ueber den Einfluss salinischer Abführmittel auf den Gaswechsel des Menschen 167
J. F. Heymann, Ueber die relative Giftigkeit der Oxal-, Malon-, Bernstein- und Brenzweinsäure, sowie ihre Natriumsalze 168
W. Uhthoff, Ueber die zur Erzeugung eben merklicher Farbendifferenzen erforderlichen Aenderungen der Wellenlänge spectralen Lichtes 171
Barth, Ueber die Darstellung des häutigen Labyrinthes 345
Möbius, Ueber die Bewegung der fliegenden Fische durch die Luft 348
Posner, Ueber Schleimhautverhornung 349
Gad, Ueber Leitungsfähigkeit und Reizbarkeit der Nerven in ihren Beziehungen zur Längs- und Quererregbarkeit. 350
G. Klemperer, Ueber den Eiweissbedarf in gesunden und in einigen krankhaften Zuständen 361
Schweigger, Ueber den elektrischen Augenspiegel 365
Blaschko, Ueber den Verhornungsprocess (I) 366
Blaschko, Ueber den Verhornungsprocess (II) 539
Goldscheider, Ueber den Muskelsinn 540
Sauermann, Ueber die Wirkung organischer Farbstoffe auf das Gefieder der Vögel bei stomachaler Darreichung 543
von Openchowski, Ueber Centren und Leitungsbahnen für die Musculatur des Magens 549
Obermüller, Ueber eine Reaction des Cholesterins 556
N. Zuntz, Ueber die Wärmeregulation beim Menschen, nach Versuchen des Hrn. A. Loewy 558
E. Herter, Ueber den Einfluss der Zubereitung auf die Verdaulichkeit von Rind- und Fischfleisch, nach Versuchen von Hrn. Dr. Popoff 561
Cowl, Ueber das mechanische Latenzstadium des Gesammtmuskels 563

Calorimetrische Untersuchungen.

Von

J. Rosenthal.

Erster Artikel.

(Hierzu Taf. I.)

1. Vorbemerkung.

Schon als ich im Jahre 1872 meine kleine Schrift „*Zur Kenntniss der Wärmeregulirung bei warmblütigen Thieren*“[1] abfasste, war es mein Wunsch, durch genauere Bestimmungen über die Wärmeproduction die Einsicht in den physiologischen Zusammenhang der Wärmeerscheinungen weiter zu führen, als es nach dem damaligen Stande unserer Kenntnisse möglich war. Ich konnte mich aber nicht entschliessen, dies mit den damals gegebenen Hülfsmitteln zu versuchen, weil ich überzeugt war, dass sie unzureichend seien. Seitdem habe ich den Gegenstand nicht aus den Augen gelassen. Jetzt, da ich glaube, wenigstens einigermaassen brauchbare Methoden zu besitzen, werde ich im Folgenden die von mir benutzten Apparate und die mit ihnen angestellten Versuche mittheilen und den Grad der Zuverlässigkeit, welche die aus ihnen zu ziehenden Schlüsse beanspruchen können, zu beleuchten versuchen.

Wenn diese Bestrebungen sich auf eine so lange Reihe von Jahren erstrecken, so liegt der Grund dafür, neben mannichfachen äusseren Umständen, welche häufige Unterbrechungen veranlassten, in den grossen Schwierigkeiten der Aufgabe, besonders aber auch in der Kostspieligkeit der herzustellenden Apparate. Ich wäre auch kaum im Stande gewesen, die letzteren zu beschaffen ohne die Unterstützung, welche mir zu diesem Zwecke

[1] Erlangen 1872, Verlag von Eduard Besold.

von der Verwaltung des Elizabeth Thompson Science Fund zu Boston zu Theil geworden ist. Indem ich hierfür auch an dieser Stelle meinen innigsten Dank abstatte, hoffe ich durch die mit jenen Hülfsmitteln gewonnenen wissenschaftlichen Ergebnisse den Zwecken der Stiftung auch meines Theils gerecht zu werden.

Obgleich die physiologische Calorimetrie eben so alt ist wie die wissenschaftliche Calorimetrie selbst, indem schon Crawford das Wassercalorimeter und Laplace und Lavoisier das Eiscalorimeter benutzten, um mit ihnen die von Thieren producirten Wärmemengen zu messen, so eignen sich doch beide Apparate, auch in den verbesserten Formen, welche ihnen später gegeben wurden, nur für die Messung begrenzter Wärmemengen. Die von mir benutzten Methoden sollten dagegen gerade der beim Studium der Wärmebildung in den Thieren uns entgegentretenden Aufgabe gerecht werden, eine stetig vorgehende Wärmeproduction zu messen und insbesondere auch für längere Beobachtungszeiten geeignet sein. Ich habe zu diesem Zwecke vorzugsweise zwei Wege eingeschlagen. Das Princip des einen habe ich schon früher kurz mitgetheilt.[1] Der andere Weg ist zuerst von Scharling,[2] später von Hirn und neuerdings wieder von d'Arsonval betreten worden. Da ich später ausführlich auf die Geschichte der physiologischen Calorimetrie einzugehen und dabei die Verdienste meiner Vorgänger auf diesem Gebiete eingehend zu beleuchten gedenke, so begnüge ich mich vorerst mit dieser kurzen Andeutung. Es wird sich später zeigen, in wie weit meine Arbeit diejenigen der anderen Forscher bestätigt, ergänzt oder berichtigt.

Da wir es bei dem Lebensprocess der Thiere mit einer stetig fortgehenden Wärmeproduction zu thun haben, so genügt es nicht, dieselbe in den üblichen Wärmeeinheiten (Calorien) auszudrücken, sondern es muss auch noch die Zeit angegeben werden, innerhalb welcher jene Wärmemenge producirt wurde. Ich werde deshalb im Folgenden als Einheit stets die Secundencalorie benutzen, d. h. diejenige Wärmeleistung, welche in einer Secunde eine (sogenannte kleine) Calorie producirt, d. h. diejenige Wärmemenge, durch welche die Temperatur von 1 ^{grm} Wasser von 0° C. auf 1° C. erwärmt wird. Ich werde diese Grösse mit 1 *s.ca* bezeichnen. Da nach einer früher von mir angestellten Berechnung[3] die durchschnittliche specifische Wärme des Thierkörpers = 0·8 ist, so würde durch eine Calorie 1 ^{grm} des Körpers um 1·25° erwärmt werden. Wir finden also den Wärmezuwachs des Körpers, wenn wir die Zahl der Secundencalorieen mit 1·25

[1] *Dies Archiv.* 1878. S. 349.
[2] *Journal für practische Chemie.* 1849. Bd. XLVIII. S. 435.
[3] *Dies Archiv.* 1878. S. 215.

multipliciren und durch das Körpergewicht (in Grammen) dividiren. Bleibt die Körpertemperatur constant, so muss dieser Wärmezuwachs dem gleichzeitigen Wärmeverlust gleich sein.

2. Theorie des Luftcalorimeters.

Ist ein Körper A, dessen Wärmewasserwerth a sei, Sitz einer Wärmequelle von n Secundencalorien, und ist dieser Körper von einer absolut wärmedichten Hülle umgeben, so steigt seine Temperatur stetig und nimmt in jeder Secunde um $\frac{n}{a}\,{}^0$C. zu. Kann der Körper aber nach aussen Wärme abgeben, so wird seine Temperatur um eine dem Verlust entsprechende Anzahl von Graden weniger steigen. Da die Wärmeabgabe mit der Temperatur selbst wächst, so muss ein Zustand erreicht werden, wo der Wärmezuwachs und der Wärmeverlust gleich sind. Von da ab muss die Temperatur constant bleiben.

Sei T_a die Anfangs-, T_e die constante Endtemperatur (beide nach der absoluten Scala) und sei T_a zugleich die unverändert gebliebene Temperatur der Umgebung, so ist der Wärmeverlust in 1 Secunde

$$W = e(T_e - T_a), \tag{1}$$

worin e die Emissionsconstante der Oberfläche bedeutet, welche von der Grösse und sonstigen Beschaffenheit dieser Oberfläche abhängt. Wir setzen dabei voraus, dass innerhalb der in Betracht kommenden Temperaturgrenzen das Newton'sche Gesetz Geltung habe.

Nun muss aber nach dem Vorhergesagten $W = n$ sein, also ist auch

$$n = e(T_e - T_a). \tag{2}$$

Zur Bestimmung von T_e und T_a müssten sehr genaue Temperaturmessungen erfolgen. Dieselben werden sehr schwierig, wenn der Körper eine grosse Ausdehnung hat und die Temperatur in demselben nicht ganz gleichförmig ist. Für T_a dürfen wir dies annehmen, wenn der Körper vor Beginn des Versuches längere Zeit in einer gleichtemperirten Umgebung verweilt hat. Die Bestimmung von T_e durch eingesenkte Thermometer ist aber zu unsicher. Wir verzichten daher lieber ganz auf dieselbe und suchen den Werth $(T_e - T_a)$ auf andere Weise zu bestimmen.

Ist der Körper (wie in unserem Falle) atmosphaerische Luft, so wird bei Temperaturzunahme entweder sein Volum zunehmen, wenn der Druck constant erhalten wird, oder der Druck, wenn das Volum constant bleibt. Für diesen letzteren Fall gilt unter der Voraussetzung, dass innerhalb der vorkommenden Druckveränderungen das Mariotte'sche Gesetz Geltung behalte,

$$b_e : b_a = T_e : T_a, \tag{3}$$

worin b_e den Druck am Ende und b_a den Druck bei Beginn des Versuchs bezeichnen. Aus Gleichung (3) folgt:

$$b_e - b_a : b_a = T_e - T_a : T_a$$

oder:

$$T_e - T_a = \frac{T_a (b_e - b_a)}{b_a} \tag{4}$$

Den Druck b_a können wir zu Anfang des Versuches durch Ablesen am Barometer bestimmen. Ist das Luftgefäss mit einem Manometer verbunden, welches zu Anfang des Versuches auf 0 stand, so ist der Anfangsdruck gleich jenem Barometerstand, ausgedrückt durch die Länge einer Quecksilbersäule in Millimetern. Ist der zu Ende des Versuches vorhandene Manometerstand $= m$, bedeutet ferner s das specifische Gewicht des Quecksilbers, bezogen auf die im Manometer enthaltene Flüssigkeit (falls das Manometer mit Quecksilber gefüllt würde, so wäre eben $s = 1$), so ist

$$b_e - b_a = \frac{m}{s},$$

also

$$T_e - T_a = \frac{T_a}{b_e} \cdot \frac{m}{s}$$

und mit Rücksicht auf Gleichungen (1) und (2)

$$n = W = e \cdot \frac{T_a}{b_a} \cdot \frac{m}{s} \cdot \tag{5}$$

Um die in dieser Gleichung vorkommende Constante e zu bestimmen, muss man eine Wärmequelle auf das Calorimeter wirken lassen, deren Maass (in Secundencalorien) auf irgend eine Weise sicher festgestellt werden kann. Das kann man auf mancherlei Wegen erreichen. Einer der von mir benutzten ist folgender:

Man verbrennt im Calorimeter einen gleichmässigen Strom chemisch reinen Wasserstoffs, bestimmt die Menge des in 1 Secunde verbrannten Gases und berechnet aus dieser und der bekannten Verbrennungswärme des Wasserstoffs die erzeugte Wärmemenge.

Ist N die Anzahl Cubikcentimeter des in 1 Secunde verbrannten Wasserstoffs, gemessen beim Barometerdruck b und bei der (absoluten) Temperatur T, so berechnet sich die dadurch erzeugte Wärmemenge (in Secundencalorien) in folgender Weise:

Das auf 0° C. und 760 mm Druck reducirte Volum des Gases beträgt

$$\frac{N.\,b.\,272 \cdot 6}{760.\,T} \text{ ccm}.$$

Ein Cubikcentimeter Wasserstoff wiegt bei 0° C. und 760 mm Druck

0·000089578 grm

und 1 grm Wasserstoff producirt

34090 *ca.*[1]

Die in 1 Secunde producirte Wärme beträgt also

$$w = \frac{0{\cdot}000089578 \, . \, 34090 \, . \, 272{\cdot}6}{760} \cdot N \cdot \frac{b}{T}, \tag{6}$$

wofür wir, der Kürze wegen, schreiben wollen:

$$w = R . N \frac{b}{T} \tag{7}$$

Setzen wir in dieser Gleichung $w = 1 \, s . ca$, so erhalten wir die Anzahl Cubikcentimeter, welche in 1 Secunde verbrennen müssen, um 1 Secundencalorie zu produciren. Wir wollen dieselbe vorläufig mit N_1 bezeichnen (die Berechnung ist im Abschnitt 5 gegeben). Es ist also dann:

$$N_1 = \frac{1}{R} \cdot \frac{T}{b}.$$

Verbrennen wir diese Wasserstoffmenge im Calorimeter und ist der abgelesene Manometerstand $= m_1$, so erhalten wir durch Einführung dieses Werthes in die Gleichung (5)

$$n = W = e \cdot \frac{T}{b} \cdot \frac{m_1}{s} \, {}^{2}$$

und da jetzt $n = 1$ ist:

$$e = \frac{b}{T} \cdot \frac{s}{m_1}. \tag{8}$$

Führen wir diesen Werth in die Gleichung (5) ein, so erhalten wir:

$$n = W = \frac{b}{T} \cdot \frac{s}{m_1} \cdot \frac{T_a}{b_a} \cdot \frac{m}{s} = \frac{b}{T . m_1} \cdot m \cdot \frac{T_a}{b_a}. \tag{9}$$

Hierin ist der Factor $\frac{b}{T . m_1}$ durch den Versuch mit Wasserstoff in Zahlen gefunden. Bezeichnen wir ihn mit E, so haben wir

$$n = W = E . m \cdot \frac{T_a}{b_a} \tag{10}$$

---

[1] Der Verbrennungswerth 34090 ist das Mittel aus 7 Angaben: je zweien von Andrews und von Favre und Silbermann und je einer von Thomsen, v. Thann und Schüller und Wartmann. Nimmt man statt seiner den gewöhnlich benutzten Werth 34462, so erhöhen sich alle von mir auf jenen Mittelwerth begründeten Zahlenangaben um 1·09 %.

[2] Die Werthe T und b sind die für die Messung von N geltenden; da aber die Messung von m_1 in demselben Versuch geschieht, so gelten sie auch für die Gleichung (5).

Der zweite von mir benutzte Weg zur Bestimmung der Constante e war folgender: Ich lasse aus einem ausserhalb des Calorimeters stehenden Gefäss einen constanten Strom warmen Wassers durch einen innerhalb des Calorimeters befindlichen Körper fliessen und messe die Temperatur des einströmenden Wassers (t_1) und des ausströmenden Wassers (t_2) sowie die in 1 Secunde durchfliessende Wassermenge (M). Dann ist die an das Calorimeter abgegebene Wärmemenge in Secundencalorien $= M(t_1 - t_2)$. Richte ich nun den Versuch so ein, dass dieser Werth $= 1$ ist und erhalte den Manometerstand m_1, so ist wiederum

$$n = W = 1 = e \cdot \frac{T}{b} \cdot m_1$$

also

$$e = \frac{b}{T \,.\, m_1}$$

und wenn ich wiederum $\frac{b}{T \,.\, m_1} = E$ setze:

$$n = W = E \,.\, m \cdot \frac{T_a}{b_a} \cdot$$

Das heisst also: Die mit dem Luftcalorimeter zu bestimmende Wärmeproduction ist proportional dem Manometerausschlag und der absoluten Temperatur und umgekehrt proportional dem Barometerstand zu Beginn des Versuches. Sie wird in Secundencalorien ausgedrückt, gefunden, wenn man den beobachteten Manometerausschlag (m) multiplicirt mit dem constanten Factor E und mit der absoluten Temperatur der Luft zu Anfang des Versuchs und dividirt durch den Barometerdruck zu Anfang des Versuchs.

3. Beschreibung des Luftcalorimeters.

Ich habe das Luftcalorimeter, dessen Theorie im vorigen Abschnitt entwickelt worden ist, in zwei Formen ausführen lassen. Mit der einen Form, welche hauptsächlich für die Beobachtung der Wärmeproduction am menschlichen Arm bestimmt ist, aber auch für kleinere Thiere, Kaninchen und dergleichen benutzt werden kann, hat mein Neffe, Dr. Carl Rosenthal, eine Versuchsreihe durchgeführt, welche er in diesem Archiv[1] mitgetheilt hat. Eine zweite Versuchsreihe, an Kaninchen angestellt, ist gegenwärtig ihrem Abschluss nahe und wird in der Folge weitere Erwähnung finden. Ich werde diesen Apparat fortan als das kleine Luftcalorimeter bezeichnen.

Der andere Apparat, welchen ich zum Unterschied das grosse Luftcalorimeter nennen werde, unterscheidet sich nicht im Princip, sondern nur in der Form und dem Material, aus dem er gebaut ist, vom ersteren.

[1] 1888. S. 1.

Er ist in seinen Dimensionen so gehalten, dass er auch etwas grössere Thiere, z. B. mittelgrosse Hunde, aufzunehmen vermag. Da mit ihm der grössere Theil der später mitzutheilenden Versuche angestellt worden ist, so will ich seine Einrichtung genauer beschreiben.

Der Apparat ist in Fig. 1 im Längsschnitt, in Fig. 2 im Querschnitt durch AB dargestellt. Er besteht aus drei in einander geschalteten Cylindern aus starkem Kupferblech, welche ich als äusseren, mittleren und inneren Cylinder bezeichnen will (a, m, i der Figuren). Der äussere Cylinder ist für die Wirkungsweise des Apparates unwesentlich. Er hat nur die Aufgabe, den mittleren Cylinder vor zufälligen Temperaturschwankungen durch Luftströmungen oder strahlende Wärme zu schützen. Er steht mit der Luft des Arbeitsraumes durch drei Oeffnungen, eine obere und zwei untere (o_1, o_2, o_3), welche auch verschlossen werden können, in Verbindung. Der vom inneren Cylinder eingeschlossene Raum R ist auf der einen Seite (links in unserer Fig. 1) offen. In ihn wird das Thier gebracht, dessen Wärmeproduction untersucht werden soll.

Der mittlere Cylinder umgiebt den inneren in einem Abstand von 5 cm. An der rechten Seite sind beide durch gewölbte Flächen abgeschlossen, durch welche die zur Ventilation dienenden Röhren hindurchtreten. Nach links hin ist der mittlere Cylinder um 5 cm kürzer als der äussere. Zur Verbindung beider mit dem inneren dienen hier ebene verticale Ringe, welche mit den Cylindern luftdicht verlöthet sind.

Der so zwischen dem inneren und dem mittleren Cylinder abgegrenzte Luftraum, durch dessen Temperaturerhöhung die Messung erfolgen soll, steht durch drei Rohrstutzen mit der Aussenluft in Verbindung. Der eine derselben, unten links, mit s_1 bezeichnet, dient zur Einführung eines Thermometers (dasselbe ist in der Zeichnung fortgelassen). Seitwärts ist an ihm ein kurzes Rohr angebracht, zur Ausgleichung des Luftdruckes nach Beendigung eines Versuchs. Ein zweiter, ähnlicher Stutzen, s_2, aber ohne Seitenhahn, ist oben rechts angebracht. Auch durch ihn ist ein Thermometer, t_1 t_2, eingeführt. Diese beiden, an weit von einander gelegenen Punkten des cylindrischen Raumes angebracht, dienen zur Bestimmung der Anfangstemperatur der Luft in dem ringförmigen Raum. Wenn sie von einander verschieden sind, was aber immer nur um wenige Zehntel eines Celsiusgrades der Fall sein darf, so wird das arithmetische Mittel aus beiden Angaben für die wahre Temperatur des Luftraumes angenommen. Der dritte Stutzen s_3 endlich setzt den Luftraum mit dem Manometer M in Verbindung. Letzteres ist in der Figur, der Raumersparniss wegen, kürzer gezeichnet, als es in Wirklichkeit ist.

Damit die von dem Thier abgegebene Wärme möglichst schnell und möglichst vollständig auf die zwischen dem inneren und mittleren Cylinder

eingeschlossene Luft übergehe, ist der innere Cylinder auf seiner äusseren Fläche mit dünnen, in den Luftraum hineinragenden Längsrippen versehen, welche parallel der Axe radial gestellt sind, den äusseren Cylinder nirgends berühren, aber durch die Vergrösserung der Oberfläche die Wärmeabgabe erleichtern. In Fig. 1 ist der Schnitt so gelegt, dass er in seinem unteren Theil durch eine dieser 4 cm breiten Rippen geht, während er im oberen Theil zwischen zwei solche Rippen fällt. Um ferner den Raum, in welchem das Thier sich befindet, ventiliren zu können, geht von ihm an seinem hinteren (in der Figur rechten) Ende bei l eine Röhre ab, welche in dem Luftraum zwischen dem inneren und dem mittleren Cylinder zu einer flachen Spirale *sp* aufgewunden ist, dann in der Axe der Cylinder die gewölbten Endflächen des mittleren und äusseren Cylinders durchdringt und aussen mit einem Schlauchansatz bei l_1 endet. Wird dieser mit einer Aspirationseinrichtung verbunden, so durchstreicht ein stetiger Luftstrom den Aufenthaltsraum des Thieres, giebt aber die mitgeführte Wärme beim Durchgang durch die Spirale an den Luftraum zwischen i und m ab und dient so gleichfalls zur besseren Uebertragung der producirten Wärme an diesen Luftraum. Schaltet man zwischen l_1 und den Aspirationsapparat die geeigneten Vorrichtungen ein, so kann man die Athmungsproducte des Thieres analysiren.

Aus dem Gesagten ist ersichtlich, dass ein im Raum R befindliches Thier von allen Seiten, mit Ausnahme der zum Einbringen des Thieres offen gelassenen, links gelegenen Mündung des inneren Cylinders, von dem abgesperrten, aber mit dem Manometer verbundenen Luftraum zwischen den Cylindern i und m umgeben ist, und dass die von dem Thiere producirte Wärme auf diesen Luftraum wirken und seine Temperatur erhöhen muss. Das entspricht aber der Theorie unseres Calorimeters nicht vollkommen. Denn diese setzt voraus, dass der Luftraum, dessen Temperaturverhältnisse uns zum Messen der Wärmeproduction dienen sollen, den wärmeproducirenden Körper allseitig umschliesse, damit alle von jenem Körper ausgehende Wärme den Luftraum durchsetze und von dessen Oberfläche an die weitere Umgebung abgegeben werde. Wir müssen deshalb untersuchen, welchen Einfluss diese Abweichung von den theoretischen Voraussetzungen hat und wie man die dadurch herbeigeführten Fehler beseitigen kann.

Bei dem kleinen Calorimeter, welches zur Untersuchung der von einem menschlichen Arm abgegebenen Wärme dient, ist dieser Fehler wohl nur scheinbar vorhanden, jedenfalls sehr unerheblich. Wenn der Querschnitt des Armes die Mündung des Calorimeterraumes ausfüllt, so kann der im Inneren des letzteren steckende Armtheil nach aussen weder merkliche Mengen von Wärme verlieren, noch solche aufnehmen, da die aneinander-

stossenden Theile gleiche Temperatur haben. Das durch jenen Querschnitt ein- und ausströmende Blut kann ja wärmer bezw. kälter sein als der im Apparat steckende Armtheil. Aber die Wärmemengen, welche auf diese Weise zu- oder abgeführt werden, sind gewiss ausserordentlich gering; zudem aber gehören sie zu den physiologischen Bedingungen des untersuchten Gliedmaasses, und es kann gar nicht unser Wunsch sein, sie auszuschliessen, wenn wir die normale Wärmeoekonomie des Armes messen wollen.

Damit der Armquerschnitt die Mündung des Apparates möglichst gut ausfülle und verschliesse, habe ich an den kleinen Apparat einen kurzen conischen Stutzen mit elliptischer Mündung anbringen lassen, in welche der Oberarm eines Erwachsenen bequem hineinpasst. Zur Vermeidung des Druckes und zum besseren Abschluss wird etwas Watte oder eine wollene Binde locker um den Arm gelegt.

Man wird mir vielleicht die Frage vorlegen, warum ich mich auf die Untersuchung des Armes beschränkt und nicht lieber einen Apparat construirt habe, welcher einen ganzen Menschen aufzunehmen im Stande wäre, wie dies Scharling, später Hirn und neuerdings d'Arsonval versucht haben. Ich muss aber darauf erwidern, dass ein solcher Apparat, wenn er allen Anforderungen genügen sollte, sehr ungefüge ausfallen würde, und dass mit ihm, wie es in der Natur der Sache liegt, nur wenige Versuche gemacht werden könnten. Ich glaube, dass es für jetzt mehr darauf ankommt, die Zahl der Versuche zu vergrössern, um erst die Grundzüge sicher zu stellen, und dass dies durch Thierversuche und durch Versuche am Arm des Menschen ganz gut geschehen kann. Wenn es sich später als wünschenswerth erweisen sollte, Versuche am ganzen Menschen anzustellen, so hoffe ich auch die dazu erforderlichen, nicht unbeträchtlichen Mittel zusammenzubringen. Dann werden auch noch alle an den kleineren Apparaten gewonnenen und noch zu gewinnenden Erfahrungen dem zu bauenden neuen zu gute kommen, was nicht gering zu veranschlagen ist.

Wenn das kleine Calorimeter zur Aufnahme kleiner Thiere Verwendung finden soll, dann wird natürlich der Versuch gemacht werden müssen, den Verlust an producirter Wärme so viel als möglich zu verringern. Dies kann in hohem Maasse durch ein sehr einfaches Mittel erreicht werden. Der für Aufnahme des Armes bestimmte Innenraum des Apparates ist viel länger, als für Aufnahme selbst grosser Kaninchen nöthig ist. Bringt man nun das Thier in den hinteren, geschlossenen Theil des Raumes und verhindert es durch ein eingesetztes Gitter, diesen zu verlassen, so dient der vordere, verhältnissmässig enge Theil des Luftraumes als Isolator der Wärme. Der Verlust ist deshalb nur gering, zumal wenn man die Mündung mit einem dicken Pfropf aus schlechten Wärmeleitern (Watte oder Werg) verschliesst.

Bei dem grossen Luftcalorimeter dagegen, wo der Innenraum *R* zum allergrössten Theil, etwa bis zu der innersten punktirten Linie in Fig. 1 für das Thier frei bleiben muss, habe ich diesen Raum durch ein eingeschobenes Drahtgitter abgegrenzt und den davor liegenden Theil (zwischen den punktirten Linien) anfangs durch ein dickes Polster abgeschlossen. später durch einen Deckel, der zwischen drei parallelen Platten zwei Luftschichten von je 5 cm Dicke abgrenzt.[1] Bei der Anordnung, wie sie die punktirten Linien andeuten, stellt dann die innere dieser Luftschichten. zwischen den Platten 1 und 2, die Ergänzung der von uns zur Calorimetrie benutzten Luftschicht zwischen den Cylindern *i* und *m* vor, die äussere Luftschicht dagegen, zwischen den Platten 2 und 3 ist die Ergänzung der zur Abhaltung von Temperaturschwankungen dienenden umhüllenden Luftschicht zwischen den Cylindern *m* und *a*.

Die erstere dieser Luftschichten, die zwischen den Platten 1 und 2 enthaltene, wird natürlich auch erwärmt werden. Und wenn man sie durch eine geeignete Verbindung mit dem Luftraum zwischen *i* und *m* communiciren lässt, so wird sie auch ihrerseits auf das Manometer wirken.[2] Wenn die Temperatur in beiden Räumen die gleiche ist, so hat es auf den Manometerstand gar keinen Einfluss, ob die Verbindung zwischen den Räumen besteht oder unterbrochen wird. Denn wie wir im zweiten Abschnitt gesehen haben, ist der Manometerstand von dem Volumen der calorimetrischen Luftmasse ganz unabhängig, da er nur von der Endtemperatur abhängt, welche diese Luftmasse erreicht. Wenn aber die Lufträume zwischen den Platten 1 und 2 einerseits und zwischen den Cylindern *i* und *m* andererseits nicht zusammenhängen, dann können wir uns das Verhältniss in folgender Weise vorstellen: Von der gesammten, von dem Thier producirten Wärmemenge *n* entweicht ein Bruchtheil durch die Platten 1, 2, 3 und der Rest durch die Cylinder *i*, *m*, *a*. Können wir annehmen, dass diese Antheile in einem constanten Verhältniss zu einander stehen, so ist es ganz gleichgültig, ob wir nur den zweiten Theil allein messen, oder beide. Dieses Verhältniss bleibt aber constant, so lange ein und derselbe Verschluss verwendet wird.

Ehe ich zur Mittheilung der Versuche übergehe, habe ich noch einen Punkt, betreffend die Einrichtung des Calorimeters kurz zu erwähnen. Da Thiere zuweilen Tage lang in dem Apparat belassen werden, habe ich in dem erwähnten Plattenverschluss eine, durch einen Einsatz verschliessbare Oeffnung anbringen lassen, durch welche man, nach zeitweiser Entfernung

[1] Polster sowohl wie Deckel sind mit einer Oeffnung für den Eintritt der Ventilationsluft versehen.

[2] Ich habe diese Einrichtung bei einem Theil meiner Versuche verwirklicht, dann aber wieder fallen lassen, weil ich sah, dass sie überflüssig ist.

des Einsatzes, das Thier beobachten oder ihm Futter reichen kann, ohne den Versuch zu unterbrechen. Das Thier wird, der Reinlichkeit wegen, auf ein in den Apparat eingelegtes Gitter g gesetzt. Unterhalb desselben ist am tiefsten Punkte des Raumes R ein Abflussrohr u für den Harn angebracht. Dasselbe ist, damit bei der Ventilation von hier aus keine Luft eintreten kann, ausserhalb des Apparates mit einem Wasserverschluss versehen, kann auch durch einen eingeschalteten Hahn ganz abgesperrt werden.

4. Versuchsanordnung und Prüfung des Apparates.

Nach dem bisher Gesagten würde sich ein Versuch mit dem Calorimeter folgendermaassen gestalten. Nachdem der Apparat längere Zeit im Zimmer unbenutzt gestanden, so dass man annehmen kann, dass er die Temperatur der umgebenden Luft angenommen hat, wird die Verbindung mit der Ventilationsvorrichtung hergestellt, eventuell unter Einschaltung der zur Absorption der Kohlensäure u. s. w. nöthigen Apparate. Sodann wird die Lufttemperatur, der Barometerstand und die Temperatur des Apparates an den beiden Thermometern abgelesen und aufgeschrieben. Letztere sollen womöglich unter sich sowie mit der Zimmertemperatur übereinstimmen; jedenfalls sollten die Differenzen nicht mehr als wenige Zehntel betragen. Die Thermometer müssen natürlich vorher unter einander und mit einem guten Normalthermometer verglichen sein. Sodann werden die Hähne des Apparates geschlossen, das Thier in den Apparat eingebracht, das Gitter und der Verschluss (Polster oder Deckel) eingeschoben. Das Steigen des Manometers beginnt sofort und erfolgt in der ersten Zeit sehr schnell. Nach einiger Zeit aber wird es langsamer und das Manometer erreicht (bei dem kleinen Apparate innerhalb einer Stunde, bei dem grossen erst etwas später) einen festen Stand. Das so erreichte Maximum, welches jetzt Stunden lang erhalten bleibt, dient zur Berechnung der Wärmeproduction nach Gleichung (10).

Soll nicht ein Thier sondern die Wasserstoffflamme Behufs Aichung des Apparates untersucht werden, so entzündet man erst die Flamme ausserhalb des Apparates, regulirt die Flamme, bis der Gasverbrauch die gewünschte Grösse hat, führt dann das Brennerrohr ein und verfährt im Uebrigen wie bei dem Thier.[1]

---

[1] Man kann auch die Flamme innerhalb des Apparates entzünden und dann erst, nach Verschluss desselben, reguliren. In diesem Falle thut man gut, die Flamme anfangs grösser zu machen, als sie nachher sein soll, wodurch man die Zeit bis zur Erreichung des constanten Manometerstandes erheblich abkürzen kann.

Soll die Aichung nach der zweiten, oben angedeuteten Methode mittels des Warmwasserstromes geschehen, so erwärmt man das Wasser auf den passenden Wärmegrad, regulirt, gleichfalls ausserhalb des Calorimeters, die Wasserströmung, so dass der gewünschte Wärmeeffect hervorgebracht wird, führt den vom Wasser durchströmten Wärmespender in das Calorimeter ein und verfährt wie vorher.[1]

Bei allen diesen Betrachtungen ist jedoch eine Voraussetzung gemacht, welche bei längerer Versuchsdauer keineswegs zutrifft, nämlich dass die Temperatur der das Calorimeter umgebenden Luft und der barometrische Druck derselben ungeändert bleiben. Um ersteres wenigstens annähernd zu erreichen, habe ich den grossen Apparat in einem tiefen Keller aufgestellt, welchen ich im Erlanger physiologischen Institut eigens zu diesem Zweck habe bauen lassen. In diesem Keller gehen die Temperaturschwankungen innerhalb 24 Stunden nicht über 1 bis 1.5° C. hinaus. Das kleine Calorimeter wurde in einem Zimmer des Institutes aufgestellt, in welchem die Temperatur weniger constant war. Um aber soviel als möglich von diesen Temperaturschwankungen und von denen des Barometerstandes, auf welche wir ja keinen Einfluss haben, unabhängig zu sein, habe ich eine Einrichtung getroffen, welche ausserdem noch einen anderen, später zu besprechenden Vortheil gewährt.

Ich habe nämlich jeden der beschriebenen Apparate doppelt ausführen lassen. Je zwei solcher unter sich ganz gleichen Apparate, durch ein zwischengeschaltetes Manometer verbunden, stellen erst einen vollständigen Apparat dar. Die beiden so mit einander durch das Manometer verbundenen, sonst aber von der Aussenluft abgeschlossenen Lufträume sind demnach so zu sagen ein Differential-Luftthermometer, und die Manometerausschläge zeigen direct die Temperaturdifferenz der beiden Lufträume an. Schwankungen der Umgebungstemperatur können, da sie auf die beiden Apparate in ganz gleicher Weise wirken, auf den Manometerstand keinen Einfluss haben. Ebensowenig aber auch Schwankungen des Barometerstandes, da nach dem Verschluss der steigende Druck in dem erwärmten Theil des Doppelapparates nicht gegen den äusseren Luftdruck wirkt, sondern gegen ein abgeschlossenes Luftvolum, dessen Druck constant gleich bleibt dem im Moment des Abschlusses vorhanden gewesenen Luftdruck.

Wie aus den Erörterungen des vorhergehenden Abschnittes hervorgeht, sind die Ausschläge des Manometers unter sonst gleichen Umständen um so grösser, je geringer das specifische Gewicht der Manometerflüssigkeit ist.

---

[1] Auch hierbei kann man dis Wasserwärme anfangs zu hoch nehmen und dann erst zur passenden Höhe reguliren, um die Zeit bis zur Erreichung des Maximums abzukürzen. Ueber derartige Versuche werde ich später ausführlich berichten.

Um eine recht grosse Empfindlichkeit zu erreichen, habe ich Petroleum gewählt und damit Ausschläge erzielt, welche rund 20 Mal grösser sind, als sie mit Quecksilber zu erhalten wären. Einer genaueren Bestimmung des specifischen Gewichtes der Manometerflüssigkeit bedarf es nicht, da der von diesem abhängende Werth s in Gleichung (4) in den späteren Gleichungen ausfällt. Damit die geringe Volumzunahme der calorimetrischen Luftmasse in dem erwärmten Apparat und die entsprechende Volumabnahme der Luft im Vergleichsapparat keinen merklichen Fehler verursache, muss das Manometer sehr eng sein. In meinem Apparat besteht es aus einer Glasröhre von etwa $1 \cdot 5^{\text{mm}}$ Durchmesser im Lichten. Um den Stand des Manometers auch aus der Entfernung mit Hülfe eines Fernrohres gut ablesen zu können, habe ich das Petroleum mit Azobenzol intensiv roth gefärbt und zwischen den verticalen Schenkeln desselben eine versilberte, in Millimeter getheilte Scala angebracht, deren Nullpunkt in der Mitte des Manometers liegt; von da sind nach aufwärts und abwärts fortschreitende Zahlen eingravirt, so dass die Summe der beiden Ablesungen stets den richtigen Manometerstand ergiebt, auch wenn der Nullpunkt der Theilung nicht genau mit dem Nullstand der Flüssigkeit zusammenfallen sollte. Der grösseren Bequemlichkeit wegen ist aber die Scala in einem Rahmen durch eine Schraube verschiebbar, so dass man ihren Nullpunkt vor Beginn des Versuches richtig einstellen kann.

Ehe man die Versuche beginnt, hat man vor allen Dingen sich von dem vollkommenen Schluss des Apparates zu überzeugen. So einfach auch es erscheinen mag, so habe ich doch sehr viele Mühe gehabt, diesen Schluss wirklich zu erreichen. Ich habe viel Zeit und viele Arbeit verloren, bis ich einen fehlerlosen Apparat hergestellt hatte und bis ich die vorhandenen Fehler entdecken und beseitigen konnte.

Um den Apparat auf seine Dichtheit zu prüfen, erzeugt man auf der einen Seite einen Ueberdruck und beobachtet den Manometerstand längere Zeit. Wenn derselbe 24 Stunden lang vollkommen ungeändert bleibt und nur kleine, von geringen Temperaturschwankungen herrührende Aenderungen des Manometerstandes zeigt, dann kann man mit ihm arbeiten.

Wie aus Gleichung (4) berechnet werden kann, entspricht einer Temperaturdifferenz der beiden Apparate von 1^{0} C. bei unserem Manometer etwa ein Ausschlag von 50^{mm}. Temperaturdifferenzen von einigen Zehnteln sind aber kaum zu vermeiden; daher sind Aenderungen im Manometerstand bis zu 10^{mm} ohne Bedeutung. Gehen sie aber beträchtlich über diese Grenze hinaus, so muss man den Grund aufsuchen und beseitigen. Erst wenn der Apparat diese Probe bestanden hat, kann man an die Ausführung der Aichung gehen.

Als Beispiel einer solchen Vorprüfung führe ich folgende Versuchsreihe an dem kleinen Calorimeter an.

Auf der linken Seite wird durch Einblasen von Luft ein Ueberdruck erzeugt; sodann werden folgende Ablesungen gemacht:

Zeit	Thermometer links	Thermometer rechts	Manometer	Bemerkungen
10^h 45′	16·86	16·90	383	Bis 12^h 40′ war durch ein Versehen der Hahn des rechten Calorimeters offen geblieben; das Steigen rührt also nur von der Temperatursteigerung links her. Nachdem der Hahn geschlossen worden, bleibt das Manometer so gut wie absolut constant. Dadurch wird recht deutlich der Vortheil erwiesen, den die Anwendung des Doppelapparates gewährt. Das Calorimeter stand in einem nach Norden gelegenen Zimmer.
55′	16·90	16·95	386	
11^h 15′	17·26	17·30	395	
40′	17·19	17·19	400	
12^h —	17·30	17·41	407	
15′	17·37	17·40	408	
30′	17·30	17·38	407	
45′	17·48	17·52	412	
55′	17·55	17·60	411	
1^h —	17·59	17·52	411	
30′	17·55	17·60	411	
2^h 5′	17·40	17·50	410	
30′	17·10	17·22	411	
3^h 10′	16·72	16·85	412	
40′	16·94	17·01	411	

5. Aichung mit Wasserstoff.

Das zur Verbrennung kommende Wasserstoffgas wird in einem Kipp'schen Apparate aus reinem Zink und reiner, verdünnter Salzsäure bereitet, durch ein mit Kalistückchen gefülltes U-Rohr geleitet, strömt sodann durch einen Regulirhahn, dann durch eine möglichst genau messende Gasuhr und endlich durch einen zweiten Regulirhahn zu dem Brennerrohr.

Aus Gleichung (6) bezw. (7) können wir berechnen, wieviel Gas wir zur Erzeugung einer Secundencalorie gebrauchen. Der dort mit R bezeichnete Factor berechnet sich folgendermaassen:

$$
\begin{array}{rrl}
\log & 0{\cdot}000089578 = & 0{\cdot}95220 - 5 \\
\log & 34090 = & 4{\cdot}53263 \\
\log & 272{\cdot}6 = & 2{\cdot}43553 \\
10 - \log & 760 = & 7{\cdot}11919\ (-10) \\
\hline
 & \log R = & 0{\cdot}03955 \\
 & R = & 1{\cdot}09535.
\end{array}
$$

Also ist für $n = 1$ *sec. ca*

$$N_1 = 1 \cdot 09535 \cdot \frac{T}{b} \cdot$$

Für 0° C und 760 mm Druck z. B. wäre $N_1 = 0 \cdot 3929$ ccm.

So geringe Wasserstoffmengen kann man selbst in kleinen Brennern nicht gut brennen lassen. Da aber, wie wir gesehen haben, die Manometerausschläge den producirten Wärmemengen direct proportional sind, so können wir ein beliebiges Vielfaches von N verbrennen. Am geeignetsten ist es, zwischen 3 N und 5 N zu wählen, weil diese Menge eine für unsere Apparate gut passende kleine Flamme giebt. Wir müssen also versuchen, den Gasstrom so zu reguliren, dass (auf 0° C. und 760 mm Hg berechnet) in jeder Secunde 3.0·3929 bis 5.0·3929 ccm Gas verbrennen. Der letztere Werth giebt 118·07 ccm in 1 Minute, oder 7084·2 ccm in 1 Stunde. Bei Zimmertemperaturen und gewöhnlichen Barometerdrucken werden wir also zwischen 4 und 8 Liter etwa in der Stunde verbrennen müssen.

Anfangs bediente ich mich zur Messung der Gasvolumina einer Gasuhr, wie sie bei der Prüfung der Leuchtkraft des Leuchtgases benutzt zu werden pflegt. Das aus der Werkstatt von A. de Siry, Lizars & Cie in Paris stammende Instrument zeigt die durchgegangene Gasmenge in Litern direct an; ausserdem ist eine besondere Zifferscheibe angebracht, deren Zeiger sich mit einer Uebersetzung 60:1 gegen den Literzeiger bewegt, so dass eine Ablesung an diesem während einer Minute die in einer Stunde durchgegangene Gasmenge in Litern abzulesen gestattet. Da jedoch der Gasstrom nicht ganz constant ist, so darf man sich nicht mit einer einzigen Ablesung begnügen, sondern muss eine grössere Zahl von solchen, etwa alle 10 Minuten, machen und aus ihnen die Mittelzahl berechnen.

Später benutzte ich eine Gasuhr, welche von Hrn. Prof. v. Fleischl als Spirometer vorgeschlagen worden ist.[1] Diese Gasuhr giebt die Gasmenge bis auf 5 Cubikcentimeter direct an; sie gestattet zugleich die Temperatur des durchgehenden Gases und den Druck, unter welchem dasselbe steht, abzulesen.

Die Hähne, welche die Flammengrösse reguliren, sind nach dem Muster des von Regnault bei seiner Untersuchung über die specifische Wärme der Gase[2] angewandten eingerichtet. An der Ausströmungsröhre des Regulirhahnes ist seitlich ein kleines Manometer angesetzt; durch feine Einstellung des mit Mikrometerschraube versehenen Hahnes hat man dafür Sorge zu tragen, dass der von diesem Manometer angezeigte Druck, welcher

[1] Beschrieben von Dr. M. Sternberg. *Centralblatt für Physiologie.* 1888. S. 39.

[2] *Mémoires de l'Académie etc.* 1862. t. XXVI. Abgebildet in Müller-Pfaundler's *Lehrbuch der Physik.* Bd. II. 2. S. 342. Fig. 201.

nur wenig über dem Atmosphaerendruck liegt, constant erhalten wird. Dann ist die Gasflamme gleichfalls constant. Durch den zweiten, vor der Gasuhr eingeschalteten Regulirhahn sorgt man dafür, dass auch das an letzterer angebrachte Manometer nahezu constant bleibt. Den Ueberdruck, welchen dieses zeigt, addirt man zu dem Barometerdruck bei der Umrechnung des Gasvolumens auf 0° C. und 760 mm Hg.

Hat man es dahin gebracht, dass die Gasflamme stetig brennt mit einem ungefähren Verbrauch von 4 bis 8 Liter in der Stunde, so führt man das Brennerrohr in das Calorimeter ein und verfährt so, wie ich es im Abschnitt 4 angegeben habe. Während man die Erreichung des Maximums am Manometer abwartet, wird auch der Gang der Gasuhr beobachtet und die Gleichförmigkeit der Flamme durch den Regulirhahn hergestellt. Die Berechnung des Endergebnisses liefert dann die Werthe für e und E (Gleichungen 8 und 10).

Ich theile des Beispiels wegen eine derartige Bestimmung nach dem Versuchsprotocoll vollständig mit.

Kleines Calorimeter.

Die sehr kleine Wasserstoffflamme wird genährt durch einen Gasstrom, welcher unter einem Ueberdruck von 8 mm Wasser die Gasuhr durchstreicht.

Temperatur an der Gasuhr 13·8°.

Barometerdruck (red. auf 0°)	734·2 mm
Dazu 8 mm Wasser	= 0·6 „
	734·8 „
Davon Tension des Wasserdampfes für 13·8°	= 11·757
Also Druck	= 723·043

Nach Ablauf einer Stunde: Gasmenge 3260 ccm. Temperatur an der Gasuhr 14·0°.

Barometerdruck (red. auf. 0°)	734·12
Dazu 8 mm Wasser	0·6
	734·72
Davon Tension des Wasserdampfes	11·908
Also Druck	722·812

Nach Ablauf von 2 Stunden: Gasmenge 7250 ccm. Temperatur an der Gasuhr 14·0°.

Barometerdruck (red. auf 0°)	734·44
Dazu Ueberdruck	0·6
	735·04
Davon Tension des Wasserdampfes für 14·0°	11·908
Also Druck	723·132

Ablesungen am Apparat.

Zeit	Thermometer links	Thermometer rechts	Manometer	Bemerkungen
3^h 45′	16·90	17·02	—	
4^h —	16·91	21·80	214	
15′	17·05	24·20	304	
30′	17·05	24·16	294	Der Gasstrom wird langsamer
45′	17·08	23·62	272	
5^h —	17·20	24·15	292	Gasstrom etwas beschleunigt
15′	17·50	24·21	293	
30′	17·70	24·70	296	Gasstrom wieder beschleunigt
45′	17·74	25·62	333	
6^h —	17·89	25·50	325	

Berechnung.

In der ersten Stunde sind verbrannt 3260 ccm
In der zweiten Stunde 7250 − 3260 = 3990 „

Die erste Stunde lassen wir unberücksichtigt. Die 3990 ccm der zweiten Stunde, reducirt auf 0° und 760 mm Druck ergeben:

$$\frac{272 \cdot 6}{760} \cdot \frac{3990.723}{14 + 272 \cdot 6}$$

log 272·6 = 2·43553
log 3990 = 3·60097
log 723 = 2·85914
8·89564
−5·33809
3·55755

log 760 = 2·88081
log 286·6 = 2·45728
5·33809

V_r = 3613 ccm

Diese 3613 ccm sind in einer Stunde verbrannt, also in einer Secunde 1·00361 ccm. Nun haben wir gefunden, dass für eine Secundencalorie erforderlich sind 0·3929 ccm. Also entsprechen 1·00361 ccm 2·554 Secundencalorien.

Der Gasstrom war nicht ganz gleichmässig; dementsprechend schwankt auch der Manometerstand etwas. Nehmen wir das Mittel aus den Ablesungen der zweiten Stunde = 297·2, so erhalten wir den Manometerstand für eine Secundencalorie

$$m_1 = \frac{297 \cdot 2}{2 \cdot 554} = 116 \cdot 4$$

also ist der Factor E aus Gleichung (3)

$$E_{kl} = \frac{b}{T.\,m_1} = \frac{734 \cdot 8}{286 \cdot 6 . 116 \cdot 4} = 0 \cdot 022026$$

In gleicher Weise finden wir den Werth von E für das grosse Calorimeter. Es wurden verbrannt (red. auf 0° und 760 ^{mm} Hg) in 1 Stunde 3887 ^{ccm} Wasserstoff. Das macht für 1 Secunde 1·08 ^{ccm}, welche 2·7488 Secundencalorien entsprechen.

Das Manometer schwankte in der Zeit, während welcher die Gasmenge bestimmt wurde (2$^1/_2$ Stunden) nur zwischen 162 und 167. Diese Extreme kamen aber jedes nur je einmal vor; alle anderen Ablesungen zeigten nur Schwankungen von 164 zu 165; die Mittelzahl ist 164·5. Hieraus ergiebt sich der Manometerstand für eine Secundencalorie

$$m_1 = \frac{164 \cdot 5}{2 \cdot 7488} = 59 \cdot 844$$

Und hieraus finden wir den Factor E:

$$E_{gr} = \frac{735 \cdot 8}{286 \cdot 45 . 59 \cdot 844} = 0 \cdot 042925.$$

6. Vergleichung der beiden Calorimeter.

Aus den Berechnungen des vorhergehenden Abschnittes ersieht man, dass die Empfindlichkeit des kleinen Calorimeters fast doppelt so gross ist als die des grossen. Es war das auch vorauszusehen, da der Wasserwerth der zu erwärmenden Masse bei jenem ein geringerer ist, so dass durch gleiche Wärmemengen eine viel erheblichere Temperatursteigerung bewirkt werden muss. Der Unterschied würde noch grösser ausgefallen sein, wenn nicht die Emission bei dem kleineren Apparat verhältnissmässig eine viel grössere wäre, zumal er bei seiner mehr gestreckt cylindrischen Form eine im Verhältniss zum Volum viel grössere Oberfläche hat als der mehr gedrungen gebaute grosse Apparat. Immerhin aber ist auch die Empfindlichkeit des grossen Apparates noch ausreichend für alle Aufgaben, die sich etwa darbieten sollten, da 1 Secundencalorie fast 60 ^{mm} Ausschlag bewirkt.

Aber noch in einer anderen Beziehung unterscheiden sich die beiden Apparate. Der grosse ist nämlich träge und deshalb geeignet, gute und zuverlässige Durchschnittswerthe zu geben, aber weniger geeignet, schnellen Aenderungen der Wärmeproduction zu folgen. In dieser Beziehung ist ihm der kleine Apparat bedeutend überlegen. In dem zu diesem Zweck oben vollständig mitgetheilten Beobachtungsprotocoll treten erhebliche Schwankungen auf, welche dem nicht vollkommen gleichmässigen Gasstrom entsprechen. In der That fielen jene Schwankungen immer genau mit den Veränderungen in der Geschwindigkeit der Gasströmung zusammen, welche an der Gasuhr beobachtet wurden. In dem später angestellten Versuche

am grossen Apparat wurde die Regulirung des Gasstromes sorgfältiger vorgenommen; ganz gleichmässig war er aber trotzdem nicht. Und dennoch zeigte das Manometer während 2 Stunden, nachdem einmal das Maximum eingetreten war, nur Schwankungen von 1 mm.

Um die Trägheit des grossen Apparates noch an einem anderen Beispiel zu erläutern, führe ich Folgendes an. Wie ich in Abschnitt 3 auseinandergesetzt habe, verschliesse ich das grosse Calorimeter durch einen aus drei parallelen Platten zusammengesetzten Deckel, um die Wärmeabgabe nach dieser Seite hin der nach allen anderen Seiten möglichst gleich zu gestalten. Als das Manometer einen festen Stand von 165 angenommen hatte, entfernte ich diesen Deckel. Das Manometer sank auf 117 in einer Zeit von 12 Minuten. Da die Wärmequelle unverändert blieb, so ist dieses Sinken auf die Verluste zu schieben, welche an dem offenen Gefässe durch Strahlung stattfinden, mehr aber noch durch die gewiss erheblichen Luftströmungen zwischen dem inneren erwärmten Raum und der äusseren kälteren Luft. Als der Deckel wieder eingesetzt wurde, stieg das Manometer in 15 Minuten auf 136, in den folgenden 15 Minuten auf 155 und erreichte nach 40 Minuten (von der Einsetzung des Deckels an gerechnet) erst seinen früheren Stand.

Glücklicher Weise sind die Verhältnisse, welche wir bei der Wärmeproduction der Thiere zu untersuchen haben, selten der Art, dass es sich um schnell erfolgende Aenderungen der Production handelt. In den wenigen Fällen solcher Art werden wir uns des kleinen Calorimeters bedienen müssen, das freilich nur für kleinere Thiere brauchbar ist. Aber gerade an solchen kommen wohl auch am ehesten derartige Schwankungen vor. Jedenfalls ergänzen sich die beiden Apparate der Art, dass eine grössere Zahl von Aufgaben mit Hülfe beider gelöst werden kann.

Obgleich durch die Verbindung zweier unter einander gleicher Lufträume zu einem Differentialthermometer die durch Schwankungen der Aussentemperatur bedingten Fehlerquellen sehr vermindert werden (man vergl. in dieser Hinsicht die Versuchsreihe S. 14), so ist dies bei dem kleinen Apparat wegen seiner grösseren Empfindlichkeit doch nur dann zu erwarten, wenn nicht zufällige Umstände auf die beiden Theile des Apparates verschieden einwirken. Es wurde daher in den späteren Versuchen auch dieser Apparat in dem Keller aufgestellt, in welchem solche Störungen leichter zu vermeiden waren, und davon nur abgegangen, wenn es die Umstände unbedingt erheischten. Das Nähere hierüber wird in der Folge bei der Mittheilung der einzelnen Versuchsergebnisse angeführt werden.

Die grosse Trägheit des grossen Calorimeters macht sich aber unangenehm bemerkbar in der sehr langen Zeit, welche von dem Einbringen des Thieres bis zur Erreichung des Maximums verstreicht. Diesem Mangel kann man aber sehr gut dadurch abhelfen, dass man den Apparat vor dem

Einbringen des Thieres durch ein passendes Gasflämmchen anheizt, bis das Manometer ungefähr den Stand erreicht hat, welchen es später unter Einwirkung des Thieres annehmen soll. Man entfernt dann die Flamme und ersetzt sie durch das Thier. Auf diese Weise erhält man die wahre Maximumeinstellung sehr schnell, geradeso wie man vor dem Einlegen eines trägen Thermometers durch Vorwärmen desselben die richtige Einstellung desselben beschleunigt.

7. Versuche an Thieren.

Die Aufgaben, welche die physiologische Calorimetrie zu lösen hat, sind so mannichfaltig, dass sie nur in längeren Versuchsreihen im Verlauf längerer Zeit und durch das Zusammenwirken vieler Arbeiter vollständig gelöst werden können. Ehe ich auf dieselben im Einzelnen eingehe, was in den nachfolgenden Artikeln geschehen soll, will ich hier nur einige Versuche mittheilen, gleichsam als Beispiele, wie sich die Untersuchungen mit dem Calorimeter gestalten, und als Proben seiner Leistungsfähigkeit.

Ich gebe zu diesem Zwecke von je einem Versuch am grossen und am kleinen Calorimeter ein vollständiges Versuchsprotocoll. In den späteren Mittheilungen werde ich mich darauf beschränken, nur das erreichte Maximum des Manometerstandes mitzutheilen, oder die aus jenem berechnete Wärmeproduction.

Beispiel 1.

Grosses Calorimeter.

Kleiner Hund von 5400 ^{grm} Gewicht. Derselbe wurde früher reichlich, aber ohne Controle des Genossenen, gefüttert. Seit drei Tagen erhält er regelmässig einmal täglich: 200 ^{grm} Fleisch, 25 ^{grm} Speck, Wasser unbestimmt.

Am Versuchstage erhält er zwischen 9 und 10 ^{h} morgens: 200 ^{grm} Fleisch, 25 ^{grm} Speck, 55 ^{grm} Wasser. Um 10 ^{h} 20′ wird er in das linke Calorimeter gebracht. Barometerstand:

Zeit	Thermometer links	Thermometer rechts	Manometer
10^{h} 20′	13·3	13·5	—
11^{h} 20′	16·14	13·75	145
12^{h} 5′	17·6	14·0	190
12^{h} 25′	17·75	13·97	196
1^{h} —	18·22	13·97	214
2^{h} —	18·5	13·9	255
3^{h} 5′	18·3	13·85	248
4^{h} 15′	18·05	13·82	236
5^{h} —	18·05	13.8	240
6^{h} 10′	17·8	13·7	240
7^{h} 40′	18·05	13·45	259
8^{h} —	18·2	13.4	258

Das Maximum ist erreicht um 2 Uhr (nach 3 Stunden 40 Minuten) oder etwas früher. Das Mittel aus allen folgenden Ablesungen beträgt 248 mm.

Beispiel 2.

Kleines Calorimeter.

Mittelgrosses Kaninchen von 1700 grm Gewicht. Gleichmässig gefüttert mit Brot und Rüben, doch ohne Gewichtscontrole. In das rechte Calorimeter gebracht um 9 h 15′. Barometerstand 734·4.

Zeit	Thermometer links	Thermometer rechts	Manometer
2 h —	9·5	9·7	—
10′	10·1	12·9	150
20′	10·6	14·7	220
30′	11·0	16·4	280
40′	11·2	16·9	290
50′	11·5	17·6	297·5
3 h —	11·7	17·9	310

Von jetzt ab längere Zeit constant. Das Maximum ist erreicht nach 60 Minuten und beträgt 310 mm.

Berechnung von Beispiel 1.

Die Anfangstemperatur ist 13·3° C.,

also T_a . . . . = 285·9

der Barometerstand b_a (red. auf 0°) . . . = 734·2

der Factor E ist . . . . = 0·042925

der Manometerausschlag m . . . . = 248·0

also die Wärmeproduction

$$n = E . m \cdot \frac{T_a}{b_a} = \frac{0·042925 . 248 . 285·9}{734·2}.$$

$$\begin{aligned} \log E &= 0·63271 - 2 \\ \log m &= 2·39445 \\ \log T_a &= 2·45627 \\ 10 - \log b_a &= 7·13419 - 10 \\ \hline \log n &= 0·61762 \end{aligned}$$

$$n = 4·145.$$

Der Hund hat also producirt 4·145, oder auf 1 Kilo Gewicht: 0·7676 Sec.-Ca.; also in 1 Stunde 2·763 Ca.[1] Diese Wärmemenge würde

[1] Das Mittel aus allen Versuchen Senator's an nüchternen Hunden ergiebt 2·53 Ca. In der Verdauung produciren Hunde etwas mehr. Vergl. meine Zusammenstellung in Hermann's *Handbuch der Physiologie*. Bd. IV. 2. S. 365 ff.

genügen, um die Temperatur des ganzen Thieres in 1 Stunde um 3·45° C. zu steigern.

Berechnung von Beispiel 2.

$T_a = 282 \cdot 3 \qquad b_a = 734 \cdot 4 \qquad m = 310 \qquad E = 0 \cdot 022026$

$$
\begin{aligned}
\log E &= 0 \cdot 34294 - 2 \\
\log m &= 2 \cdot 49136 \\
\log T_a &= 2 \cdot 45071 \\
10 - \log b_a &= 7 \cdot 13407 - 10 \\
\hline
\log n &= 0 \cdot 41908
\end{aligned}
$$

$$n = 2 \cdot 6247$$

Das Kaninchen hat also producirt 2·6247 oder auf 1 Kilo Gewicht: 1·544 Sec.-Cal. oder pro Kilo Gewicht in 1 Stunde 4·558 Calorien. Diese Wärmemenge würde genügen, um die Temperatur des Thieres in einer Stunde um 5·7° C. zu steigern.

Erlangen im Juni 1888.

Calorimetrische Untersuchungen.

Von

J. Rosenthal.

Zweiter Artikel.

Ueber den Einfluss der Körpergrösse auf die Wärmeproduction.

1. Nachdem ich im ersten Artikel die Methode der Untersuchung mittels des Luftcalorimeters auseinandergesetzt habe, wende ich mich jetzt zur Mittheilung der Versuche. Ich habe diese vorzugsweise mit Kaninchen und Hunden angestellt und erstere in der Regel mit dem kleinen, letztere mit dem grossen Luftcalorimeter untersucht. Einzelne Ausnahmen von dieser Regel werden am geeigneten Orte angemerkt werden. Um die Mittheilungen nicht allzusehr mit Zahlen zu beschweren, werde ich gewöhnlich nur die producirte Wärmemenge angeben, ohne die Berechnung derselben, welche ja aus den Auseinandersetzungen im ersten Artikel klar genug geworden sein dürfte. Die Einheit, in welcher diese Wärmemengen angegeben werden, wird stets die Secunden-Calorie (*s. ca*) sein, d. h. die in einer Secunde producirte Wärmemenge, welche 1 ^{grm} Wasser von 0^0 auf 1^0 C. zu erwärmen vermag. Weil aber frühere Forscher die Wärmeproduction meistens auf die Zeiteinheit der Stunde berechnet haben, so werde ich da, wo es sich darum handelt, meine Zahlen mit denen Anderer zu vergleichen, die Umrechnung auf die Stunde (durch Multiplication mit 3600) vornehmen, und in diesem Falle, statt nach kleinen, nach grossen Calorien rechnen, d. h. nach Wärmemengen, welche 1000 ^{grm} oder 1 ^{kgrm} Wasser von 0^0 auf 1^0 C. erwärmen. Es ist demnach die von mir gewählte Einheit der Secunden-Calorie (1 *s. ca*) gleich 3·6 Stunden-Calorien (3·6 *st. Ca*).

Die logarithmische Berechnung bringt es mit sich, dass die Zahlen auf 4—5 Stellen berechnet werden. Bei der Umrechnung in Stunden-Calorien

und bei Mittelwerthen, welche zur Vergleichung mit anderen Mittelwerthen dienen sollen, um aus dieser Vergleichung Schlüsse zu ziehen, werde ich die Zahlen stets auf 2—3 Stellen abrunden. Die Zuverlässigkeit jedes einzelnen Werthes ist ja bei der Empfindlichkeit unserer Methode eine ziemlich hohe. Die Umstände aber, welche auf die Wärmebildung Einfluss haben, sind so mannigfacher Art, dass man von einem und demselben Thiere Werthe erhalten kann, welche um 50 Procent und mehr verschieden sind. Es wird die Aufgabe der folgenden Untersuchungen sein, den Einfluss dieser Umstände der Reihe nach durchzugehen und festzustellen. Da es nicht immer möglich ist, bei der Untersuchung alle Factoren bis auf den einen, dessen Einfluss festgestellt werden soll, constant zu erhalten, so können nur zahlreiche wiederholte Versuche genauere Ergebnisse liefern; vorerst aber wird man sich damit begnügen müssen, die Gesetze der Abhängigkeit von jedem einzelnen dieser Factoren in erster Annäherung festzustellen, um später auf einzelne Fragen zurückzukommen und dieselben mit Rücksicht auf die inzwischen erweiterte Kenntniss genauer zu verfolgen.

In dieser Absicht werde ich zunächst den Einfluss der Körpergrösse des Thieres auf die Wärmeproduction besprechen, sodann den Einfluss der Ernährung, den Zusammenhang mit der Athmung u. s. w. Ich beginne mit der Besprechung der Körpergrösse, trotzdem die vorhandenen Beobachtungen nicht ausreichend sind, den Gegenstand erschöpfend zu behandeln, weil sich dabei die Gelegenheit bietet, die Gesichtspunkte zu erörtern, welche für die Vergleichung verschiedener Beobachtungen unter einander maassgebend sind.

2. Wenn man die spärlichen Angaben, welche in der bisherigen Litteratur über die Wärmeproduction vorliegen (soweit sie nicht bloss auf Berechnung und Schätzung, sondern auf wirklicher Messung beruhen) unter einander und mit eigenen Beobachtungen vergleichen will, um an der mehr oder minder grossen Uebereinstimmung einen Maassstab für die Zuverlässigkeit der Werthe zu gewinnen, so ist die Verschiedenheit der benutzten Thierarten und ihrer Körpergrösse sehr störend. Wäre die Zahl der Versuche sehr gross, so würde man immer einige finden, welche an unter einander genügend übereinstimmenden Objecten angestellt wurden. Es erscheint daher wünschenswerth, zu untersuchen, ob man wenigstens den einen Factor, die Körpergrösse, soweit in seinem Einfluss zu verfolgen im Stande sei, um von einem grossen Thier auf ein kleines und umgekehrt Schlüsse ziehen zu können.

Eine solche Untersuchung ist aber, auch abgesehen von diesem praktischen Zwecke, von hohem physiologischen Interesse. Wir wissen so viel, dass die Wärmeproduction der Warmblüter bei einer und derselben Thierart mit dem Körpergewicht zunimmt, aber nicht proportional demselben, son-

dern in langsamerem Verhältniss als jenes wächst, so dass der Quotient $\frac{\text{Wärmeproduction}}{\text{Körpergewicht}}$ um so grösser ausfällt, je kleiner das Thier ist. Der geistvolle C. Bergmann hat hierfür eine Erklärung gegeben, welche ohne Widerspruch von allen Physiologen angenommen worden ist. Je kleiner das Thier ist, desto grösser ist seine Oberfläche im Verhältniss zu seiner Körpermasse, desto mehr Wärme muss es also verlieren. Wenn aber trotzdem die Eigenwärme des kleinen Thieres nahezu dieselbe ist, wie die des grossen, so muss es offenbar im Verhältniss zu seiner Körpergrösse mehr Wärme produciren. Dementsprechend finden wir denn auch, dass alle Stoffwechselvorgänge, Nahrungs- und Sauerstoffaufnahme, Kohlensäureabgabe u. s. w, auf die Einheit des Körpergewichts berechnet, bei kleinen Thieren grösser sind als bei grossen.

Die allgemeine Giltigkeit des Bergmann'schen Satzes wird durch die calorimetrischen Versuche durchaus bestätigt. Helmholtz[1] hat aus Dulong's Versuchen die auf 1 grm Körpergewicht kommenden Wärmemengen in einer Tabelle zusammengestellt. Ich entnehme aus dieser die Zahlen für die Hunde und für die Kaninchen, da ich für diese Thiere Vergleiche aus meinen eigenen Versuchen anstellen kann.

Ein Hund	von 1040 grm	Gewicht	prod.	in 1	Stunde	pro	Gramm	7·31 *ca.*
„ „	„ 1150 „	„	„	„	„	„	„	6·11 „
„ „	„ 1302 „	„	„	„	„	„	„	5·90 „
Ein Kaninchen	„ 1990 „	„	„	„	„	„	„	3·16 „
„ „	„ 990 „	„	„	„	„	„	„	4·26 „

Das gleiche Ergebniss zeigen Senator's Versuche an Hunden. Ich habe dessen Zahlen übersichtlich zusammengestellt[2] und gebe die Uebersicht, soweit sie nüchterne Hunde betrifft, hier nochmals, nach dem Körpergewicht geordnet:

1)	Hund E.	Gew.	10460—11140.	Wärmeprod.	in 1 St.	pro Kilo	2·18
2)	„ C.	„	7500— 7550	„	„	„	2·24
3)	„ B.	„	6080— 6100	„	„	„	2·71
4)	„ F.	„	5579— 5790	„	„	„	2·85
5)	„ A.	„	5350— 5450	„	„	„	2·34
6)	„ D.	„	4160— 4325	„	„	„	2·88

Wie man sieht, macht nur der Hund A. eine Ausnahme von der sonst regelmässigen Reihe. Da ausser der Körpergrösse noch andere Umstände

---

[1] *Encyclopädisches Wörterbuch der medicinischen Wissenschaften.* Bd. XXXV. S. 553 ff.

[2] *Handbuch der Physiologie.* Bd. IV. Abth. 2. S. 364 ff.

auf die Wärmeproduction einwirken, so kann eine solche einzelne Abweichung nicht genügen, uns in der Annahme des Bergmann'schen Satzes irre zu machen.

Wenn wir aber diesen Satz annehmen, so verlohnt es sich wohl der Mühe, ihn etwas weiter zu verfolgen und zu versuchen, ob sich nicht eine genauere Feststellung des Verhältnisses zwischen Körpergrösse und Wärmeproduction erreichen lässt.

Schon vor Bergmann hatte Helmholtz[1] an die Mittheilung der Dulong'schen Versuche die Bemerkung geknüpft, dass die Wärmeproduction „bei jüngeren Thieren im allgemeinen grösser zu sein scheint, als bei älteren, entsprechend dem, was von der relativen Menge der Athmungsproducte schon bekannt ist".

Nach Helmholtz und Bergmann haben viele Forscher, welche sich mit Stoffwechselfragen oder Fragen der Wärmeoekonomie beschäftigen, den Einfluss der Körperoberfläche in demselben Sinne wie jene behandelt. Da sie aber meistens nicht über wirkliche Wärmemessungen verfügten, sondern diese nur auf der Grundlage der Stoffwechseluntersuchungen berechneten, so erscheint eine erneute Besprechung der Frage an der Hand wirklicher calorimetrischer Messungen nicht überflüssig.

Die nachfolgende Untersuchung soll daher nichts absolut Neues bieten, sondern sie soll nur zeigen, was auf Grund der vorhandenen Thatsachen bis jetzt wirklich sicher ausgesagt werden kann. Die Formel,[2] zu welcher ich auf Grund der allereinfachsten Annahme, nämlich, dass die Wärmeproduction unter sonst gleichen Umständen der Oberfläche des Thierkörpers proportional sei, komme, ist auch früher schon aufgestellt worden. Der Fortschritt aber, welchen ich zu bieten vermag, ist der, dass ich die Giltigkeit der Formel nicht an unsicheren, aus schwankenden Daten berechneten, sondern an wirklich gemessenen und darum zuverlässigeren Zahlen der Wärmeproduction unter genau definirten Verhältnissen prüfe und dass sie sich an diesen bewährt. Da aber auch die aus den Stoffwechselvorgängen berechneten Zahlen sich derselben, wenn auch weniger genau, anpassen, so folgt daraus mittelbar, dass jene Zahlen wenigstens einigermaassen den wahren Werthen nahekommen, eine Frage, welche ich in einem späteren Artikel weiter verfolgen werde.

3. Man kann auf jedes Thier, welches innerhalb einer gewissen Zeit seine Temperatur constant erhält, dieselben Betrachtungen anwenden, welche

---

[1] A. a. O. S. 555.

[2] Dieser Artikel war schon geschrieben, als mir Hrn. v. Hösslin's Studie über denselben Gegenstand (in *diesem Archiv*, 1888, S. 323) zuging. Aus ihr ersehe ich, dass die von mir angenommene Formel zuerst von Rameaux aufgestellt worden ist. Rameaux's Arbeit war mir bisher unbekannt geblieben.

unserem Luftcalorimeter zu Grunde liegen. So lange die Temperatur constant ist, müssen Wärmeproduction und Wärmeverlust gleich sein. Wenn aber der Wärmeverlust von der Grösse der Oberfläche abhängt, so muss er dieser Oberfläche direct proportional sein. Nennen wir die Oberfläche o, den Wärmeverlust W, die Wärmeproduction n, so muss

$$n = W = \alpha \cdot o$$

sein, worin α ein unbekannter, aber für jedes Thier unter gleichen physiologischen Bedingungen constanter Factor ist.

Allerdings verliert ein Thier auch noch auf anderen Wegen als nur von der Körperoberfläche Wärme, z. B. durch die Erwärmung und Verdunstung von der Respirationsfläche. Aber dieser Antheil am Wärmeverlust ist gering und zum Theil gewiss auch in ähnlicher Weise wie der Wärmeverlust von der Haut von der Körpergrösse abhängig. Die von uns vorausgesetzte Proportionalität zur Körperoberfläche wird auch nicht aufgehoben durch die verwickelten Verhältnisse, welche die Wärmeabgabe an der Oberfläche durch die Circulation des Blutes annimmt. Denn diese Verhältnisse sind voraussichtlich bei Thieren, welche sich nur durch ihre Körpergrösse unterscheiden, gleichartig, also auch der Oberfläche proportional. Sie können also nur den Werth des Factors a verändern, aber nicht das Gesetz der Proportionalität aufheben.

4. Nun sind wir aber nicht im Stande, die Oberfläche eines so unregelmässigen Körpers, wie die eines Hundes oder eines Kaninchens auch nur mit dem geringen Grade von Genauigkeit auszudrücken, welcher für eine erste, grobe Annäherung an die Wahrheit ausreichen könnte. Wohl aber können wir (und das ist der eigentliche Sinn der Bergmann'schen Betrachtung) das Verhältniss zwischen Oberfläche und Körpergrösse mathematisch ausdrücken, so lange es sich nur um Körper handelt, welche als geometrisch ähnlich angesehen werden können, also insbesondere bei Vergleichung von Thieren derselben Art.

Seien in umstehender Figur $A\ B\ C\ D\ E\ F\ G\ H$ und $a\ b\ c\ d\ e\ f\ g\ h$ die Conturen zweier homologer, z. B. horizontaler Durchschnitte durch zwei geometrisch ähnliche Körper, S und s die geometrischen Schwerpunkte derselben, $S\,A$, $s\,a$; $S\,B$, $s\,b$ u. s. w. homologe Strahlen von diesen Schwerpunkten nach homologen Punkten der Oberfläche gezogen. Dann gelten die Proportionen

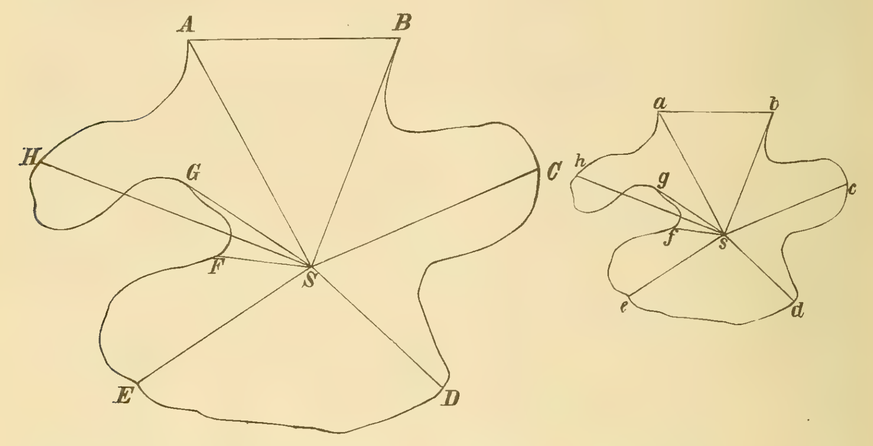
$$S\,A : s\,a = S\,B : s\,b = S\,C : s\,c = S\,D : s\,d \ldots \text{u. s. w.}$$

Dasselbe gilt aber auch für je zwei andere homologe Schnitte durch die beiden Körper. Denken wir uns jetzt die sämmtlichen Strahlen $S\,A$, $S\,B$, $S\,C$ . . . u. s. w. durch einen Strahl R ersetzt, welcher das arithmetische

Mittel aus den einzelnen Strahlen ist, und ebenso die sämmtlichen Strahlen $s\,a$, $s\,b$ u. s. w. durch einen mittleren Strahl r, so ist auch

$$R:r = S\,A:s\,a = S\,B:s\,b = S\,C:s\,c \;\ldots\; \text{u. s. w.}$$

Das heisst aber nichts anderes, als dass wir die beiden Körper ersetzt haben durch zwei Kugeln, deren Radien die arithmetischen Mittel aus sämmtlichen Radii vectores der einzelnen Körper sind. Für solche einfache



Körper wie Kugeln kennen wir das Verhältnis der Oberflächen zu den Radien. Es ist bekanntlich, wenn wir die Oberflächen mit o_k und O_k bezeichnen:

$$o_k = 4\,r^2\,\pi$$

und:

$$O_k = 4\,R^2\,\pi$$

also:

$$O_k : o_k = R^2 : r^2.$$

Für unsere verwickelten Körper ist uns die Beziehung der Oberflächen zu einander unbekannt; da sie aber einander ähnlich sind, so muss das Verhältniss jeder Oberfläche zu der Oberfläche einer Kugel mit dem Radius R, bez. r, das Gleiche sein.

Es ist also:

$$O : o = O_k : o_k = R^2 : r^2.$$

Nun kennen wir aber auch R und r nicht. Wir wissen jedoch, dass für die Kugel zwischen dem Volum und dem Radius eine einfache Beziehung besteht, da:

$$v_k = \frac{4}{3}\,r^3\,\pi$$

ist. Für unsere geometrisch ähnlichen Körper muss, ebenso wie wir das für die Oberflächen gesehen haben, das gleiche Verhältniss zwischen ihrem

Volum und dem Volum einer Kugel vom Radius r, bez. R bestehen, so dass wir setzen können:

$$V : v = V_k : v_k = R^3 : r^3.$$

Für die Kugel ergiebt sich, wenn wir die Gleichung

$$v = \frac{4}{3} r^3 \pi$$

nach r umformen und den so gefundenen Werth in die Gleichung

$$o = 4 r^2 \pi$$

einsetzen,

$$o = 4 \pi \sqrt[3]{\left(\frac{3}{4\pi}\right)^2} \cdot \sqrt[3]{v^2}.$$

Da nun aber nach dem Vorhergesagten für unsere verwickelten, aber ähnlichen Körper sowohl für das Volum wie auch für die Oberfläche das gleiche Verhältniss zu Volum und Oberfläche einer Kugel gilt, so können wir die letzte für die Kugel geltende Formel auch für diese verwickelten Körper gelten lassen, wenn wir die rechte Seite mit einem gewissen Factor multipliciren und schreiben

$$o = m \,.\, 4 \pi \sqrt[3]{\left(\frac{3}{4\pi}\right)^2} \cdot \sqrt[3]{v^2}.$$

Dieser Factor m ist zwar unbekannt; er ist aber, so lange es sich um geometrisch ähnliche Körper handelt, constant. Und da auch der Factor $4 \pi \sqrt[3]{\left(\frac{3}{4\pi}\right)^2}$ constant ist, so können wir der Abkürzung wegen statt $m \,.\, 4 \pi \sqrt[3]{\left(\frac{3}{4\pi}\right)^2}$ irgend ein Zeichen setzen. Wir schreiben daher

$$o = \omega \,.\, \sqrt[3]{v^2}.$$

Statt des Volums v können wir ohne weiteres das Gewicht g setzen, da wir ja das specifische Gewicht des Thierkörpers, zumal wenn es sich um Thiere derselben Art handelt, als constant ansehen können. Bezeichnen wir das Gewicht mit g, so ist also

$$o = \omega \sqrt[3]{g^2}$$

und da nach unserer Voraussetzung die Wärmeproduction der Oberfläche proportional sein soll, so geht die Formel, welche diese Voraussetzung ausdrückt,

$$n = \alpha \,.\, o$$

über in die Formel

$$n = \alpha \,.\, \omega \sqrt[3]{g^2}.$$

---

5. In dieser Formel bedeutet α einen unbekannten, von den physiologischen Zuständen abhängigen Factor, ω einen gleichfalls unbekannten, von den Körperformen abhängigen Factor. Das vorliegende Material ist viel zu spärlich, um auch nur den Versuch zu rechtfertigen, aus ihm diese Factoren numerisch zu bestimmen. Wohl aber dürfen wir es unternehmen, aus den bisherigen Versuchen abzuleiten, ob die Voraussetzung, von welcher wir ausgingen, überhaupt zutrifft. Wenn wir Versuche auswählen, bei denen sich die Thiere in möglichst gleichen physiologischen Verhältnissen befanden, so dass α constant ist und nur Thiere derselben Art unter einander vergleichen, so dass auch ω constant ist, so können wir die beiden Factoren α und ω in einen einzigen zusammenziehen und schreiben:

$$n = A \cdot \sqrt[3]{g^2} \text{ oder } \frac{n}{g} = \frac{A}{\sqrt[3]{g}} \cdot$$

Die Grösse A können wir aus einzelnen Versuchszahlen berechnen, den so berechneten Werth in andere Versuche einsetzen und probiren, wie weit die so berechneten Werthe mit den beobachteten übereinstimmen. Ist eine auch nur einigermaassen befriedigende Uebereinstimmung nicht vorhanden, so ist unsere Voraussetzung falsch und muss verlassen werden.

Als Ausgangspunkt einer solchen Berechnung habe ich Senator's Bestimmungen an nüchternen Hunden gewählt. Erstens sind sie unter den bisher veröffentlichen Versuchen diejenigen, welche das meiste Zutrauen verdienen. Zweitens sind sie unter nahezu gleichen und bekannten Umständen angestellt worden. Wie wir im folgenden Abschnitte sehen werden, hat die Verdauung grossen Einfluss auf die Wärmeproduction. Senator hat diesen Einfluss beachtet. Für die hier zur Vergleichung herangezogenen Versuche giebt er an, dass die Hunde in der 20. bis 26. Stunde nach der Fütterung beobachtet worden seien. Dadurch ist eine genauere Vergleichung mit meinen Beobachtungen ermöglicht.

Ich gebe in der folgenden Tabelle zunächst die Berechnung des Factors A nach der Formel:

$$A = \frac{n}{\sqrt[3]{g^2}} = \frac{n}{g} \cdot \sqrt[3]{g}.$$

aus Senator's Versuchen an nüchternen Hunden unter Fortlassung des Hundes A, welcher, wie schon oben bemerkt wurde, dem Bergmann'schen Gesetze zu widersprechen scheint, wahrscheinlich, weil er sich in anderen physiologischen Verhältnissen befand. Wir erhalten dann folgende Werthe für A:

Hund	Mittleres Gewicht g	Producirte Wärme in St.-Cal. pro Kilo $\frac{n}{g}$	$\log \frac{n}{g}$	$\log g$	$\log A = \log \frac{n}{g} + \frac{1}{3} \log g$	Factor $A = \frac{n}{g} \sqrt[3]{g}$
E	10800	2·18	0·33846	4·03342	1·68293	48·1866
C	7525	2·24	0·35025	3·87651	1·64242	43·895
B	6090	2·71	0·43297	3·78462	1·69451	49·489
F	5685·5	2·85	0·45484	3·75469	1·70640	50·862
D	4242·5	2·88	0·45939	3·62762	1·66860	46·6233
Mittel	6872·4	2·572	0·40678	3·81537	1·67857	47·7055

6. Wir können daher wohl den Factor A für nüchterne Hunde gleich 47·71 annehmen. Lassen wir den kleinsten Werth (für Hund C) unberücksichtigt, so ist das Mittel 48·8. Um denselben zu prüfen, berechne ich mit Benutzung desselben die Wärmeproduction für einen meiner Hunde, welcher zu den im folgenden Abschnitte mitgetheilten Versuchen über den Einfluss der Ernährung auf die Wärmeproduction gedient hat, nach der Formel

$$n = A \sqrt[3]{g^2}$$

Der Hund wog durchschnittlich 5200 grm. Daraus ergiebt sich

$$n = 14 \cdot 32 \text{ bez. } = 14 \cdot 647.$$

Dieser Hund lieferte im Mittel aus vier Versuchsreihen, bei welchen die 21. bis 27. Stunde nach der Fütterung vorkam

4·124 *s.-ca.*

Das entspricht

14·846 Stunden-Calorien.

Ich glaube, dass diese Uebereinstimmung ausreicht, um unsere Voraussetzung als giltig anzuerkennen. Wir können daher den stellen:

Die Wärmeproduction der warmblütigen Thiere ist, wenn alle sonstigen Umstände gleich sind, proportional der dritten Wurzel aus dem Quadrat des Körpergewichtes.

Der obige Satz kann auch noch so formulirt werden: Die Wärmeproduction eines Thieres ist, alle anderen Umstände gleichgesetzt, proportional dem Körpergewichte, und umgekehrt proportional der dritten Wurzel aus dem Gewichte des Thierkörpers; oder auch: sie ist proportional der Oberfläche des Körpers, für welche (unter den oben ausgesprochenen Voraussetzungen) das von der Körperform abhängige Verhältniss zum Körpergewichte gesetzt werden kann.

7. Ich habe als Ausgangspunkt für die Prüfung der Formel $n = A.\sqrt[3]{g^2}$ die Zahlen von Senator gewählt, weil sie die zuverlässigsten aus der bisherigen Litteratur sind. Es hat sich gezeigt, dass der aus ihnen abgeleitete Werth für A sehr nahe der Wahrheit kommen muss, da er, auf meine, nach einer ganz anderen Methode angestellten Versuche angewandt, einen dem beobachteten sehr nahe kommenden Werth ergiebt. Um aber den Factor A noch genauer zu berechnen, können wir auch meine Versuche an nüchternen Hunden in gleicher Weise berechnen, wie ich das mit denen Senator's gethan habe. Wir erhalten dann folgende Werthe:

Stunde nach der Fütterung	Wärmeproduction in *s. ca*	Wärmeproduction in *St. Ca* n	Gewicht g	$A = \frac{n}{\sqrt[3]{g^2}}$
21	4·053	14·59	zwischen	48·99
22	4·074	14·666	5400	49·24
23	4·061	14·62	und	49·086
24	4·160	14·98	4850	50·28
25	4·107	14·785		49·64
26	4·205	15·13		50·83
27	4·211	15·16		50·90
Mittel:	4·127	14·56	5140	49·850

Unsere Werthe sind also fast durchweg etwas höher, als die von Senator, und das scheint mir kein Zufall zu sein, sondern ist, wie ich glaube, in der Fütterung begründet. Senator's Hund *C*, welcher den niedrigsten Factor (43·895) lieferte, war alt, sehr mager und erhielt täglich 400 ^{grm} Fleisch und 10 ^{grm} Schmalz. Sein Hund *F*, welcher den höchsten Werth ergab (50·862) erhielt 400 ^{grm} Fleisch und 5 ^{grm} Schmalz. Dagegen erhielt mein Hund, welcher dem ersten im Gewicht ungefähr gleich war, täglich 200 ^{grm} Fleisch und 25 ^{grm} Fett. Senator's Hunde haben entschieden an Fleisch mehr als nöthig, an Fett zu wenig erhalten. Deswegen stieg bei ihnen die Wärmebildung nach dem Fressen relativ hoch, sank aber in der Zwischenzeit zwischen zwei Mahlzeiten tiefer, als bei meinem Versuchsthiere. Wir werden daher für den nüchternen, aber sonst gut genährten Hund den Factor A etwas höher annehmen dürfen, als ihn Senator's Versuche ergeben, und werden ihn mindestens gleich setzen dürfen dem Mittelwerthe aus Senator's und meinen Versuchen, welcher 48·78 bez. 49·325 beträgt, auf so lange wenigstens, bis zahlreichere Versuche eine noch genauere Berechnung desselben ermöglichen werden.

8. Senator's Versuche an verdauenden Hunden sind nicht zahlreich genug und zu schwankend, um sie zu einer Vergleichung benutzen zu können. Er fand beim Hunde *A* eine Zunahme der Wärmeproduction von 64·6, beim Hunde *B* von 11·4, beim Hunde *C* von 30·0 Procent gegen den nüchternen Zustand. Meine Versuche ergeben nicht so grosse Differenzen, was, wie schon gesagt, in der verschiedenen Fütterung begründet ist. Aus meinen, im folgenden Abschnitte mitgetheilten Versuchen finde ich im Mittel während der 6. bis 9. Stunde nach der Fütterung das Maximum mit 20·44 Procent Zunahme gegen den nüchternen Zustand. Danach wäre also der Factor *A* für verdauende Hunde statt 47·71 zu setzen = 57·46 oder, wenn man meine etwas höheren Werthe zu Grunde legt, statt 49·85 zu 59·07. Berechnet man nach diesen Factoren die Wärmeproduction für einen Hund von 5200 ^{grm}, so erhält man nach dem ersten

17·24 St.-Ca., nach dem zweiten 17·73,

während die Mittelzahl aus meinen Versuchen an einem Hunde, dessen Gewicht zwischen 5400 und 5000 ^{grm} schwankte,

18·62 St.-Ca.

ergeben haben.

Dulong hat aus seinen Versuchen viel grössere Werthe berechnet. Selbst wenn wir annehmen, dass alle seine Hunde sich auf der Höhe der Verdauung befunden haben, bleibt immer noch ein grosser Unterschied, wie aus der folgenden Uebersicht hervorgeht.

Gewicht des Hundes	Von Dulong berechnete Wärmeproduction pro Stunde und Kilo	Berechnet nach Factor *A* = 59·07
1040	7·31	5·966
1150	6·11	5·638
1302	5·90	5·410

Dulong's Werthe sind also um rund 10—20 Procent höher, als sie selbst unter der Annahme der Verdauungssteigerung sein sollten. Bekanntlich hat man schon oft vermuthet, dass seine Zahlen zu hoch seien, weil die Thiere sich während des Versuches abgekühlt hätten, und auch ich habe mich dieser Vermuthung bei der Besprechung der Dulong'schen Versuche in meiner Arbeit über thierische Wärme in Hermann's *Handbuch* angeschlossen. Insoweit diese Annahme gemacht wurde, um den Widerspruch zwischen der gemessenen Wärme und der aus dem respiratorischen Stoffwechsel berechneten aufzuklären, werde ich Gelegenheit haben, in einem späteren Abschnitte auf dieselbe zurückzukommen. Sollte die-

selbe richtig sein, so müsste das Thier von 1040 grm Gewicht, um die Differenz zwischen Dulong's Zahl und der von uns berechneten zu erklären, während der Dauer des Versuches um 2·68° C. kälter geworden sein, das zweite Thier von 1150 grm um 1·84°, das dritte von 1302 grm um 0·615°. Das letztere wäre wohl möglich, eine Abnahme von 2° und darüber scheint mir schon weniger wahrscheinlich. Doch muss auffallen, dass die Unterschiede zwischen dem berechneten und beobachteten Werthe gerade bei den leichtesten Thieren am grössten sind. Und das legt mir noch eine andere Erklärung der Unterschiede nahe.

Dulong benutzte zu seinen Versuchen nur junge Thiere. Seine drei Hunde waren 45, 50 und 60 Tage alt. Vermuthlich war sein Calorimeter zu klein, um grössere Thiere aufzunehmen, denn der Hund von 1302 grm ist das schwerste aller seiner Versuchsthiere. Junge Thiere produciren aber wahrscheinlich relativ mehr Wärme, als ältere. Ich hatte unter meinen Versuchsthieren einen jungen Hund von zwölf Wochen. Derselbe wog 4400 grm. Als ich ihn dem Versuch unterwarf und für ihn den Factor A berechnete, ergab sich derselbe $= 54 \cdot 56$. Das liegt innerhalb der von uns an den erwachsenen Hunden gefundenen Grenzen (47·70 und 57·54), aber doch näher der oberen, trotzdem es sich nicht um die Zeit der maximalen Wärmeproduction nach dem Fressen handelte. Wahrscheinlich hat in unserer Grundformel $n = \alpha \, . \, \omega \, . \, \sqrt[3]{g^2}$ der Factor α für junge Thiere einen höheren Werth als für ältere. Wenn das der Fall ist, so dürfen wir freilich der Formel $n = \sqrt[3]{g^2}$ nur eine beschränkte Giltigkeit zuschreiben. Hierüber werden weitere Versuche Aufschluss geben müssen.

9. Um die Giltigkeit der Formel für Kaninchen zu prüfen, berechnete ich zuerst aus den Mittelzahlen zweier Versuchsreihen an einem grossen Kaninchen von im Durchschnitt 2235 grm Gewicht den Werth des Factors A für den nüchternen Zustand, d. h. für die Zeit der 21. und 24. Stunde nach guter Fütterung. Ich fand ihn gleich 33·0, also etwas kleiner als für den nüchternen Hund. Bei diesem Thier war das Maximum der Wärmeproduction in der vierten bis achten Stunde nach dem Fressen und betrug im Mittel fast 33 Procent, sodass in diesem Fall der Factor $A = 57$ wird.

Berechne ich nun auf dieselbe Weise die zwei Versuche Dulong's, so erhalte ich:

Kaninchen von 1990 grm $A = 39 \cdot 821$
Kaninchen von 990 „ $= 42 \cdot 53$

Diese Zahlen liegen zwischen denen für unser nüchternes Thier und denen für das verdauende; Dulong's Werthe für Kaninchen stimmen also viel besser zu meinen als seine Werthe für Hunde.

Meine anderen Versuche an Kaninchen ergaben höhere Werthe:

	s. ca	Daraus berechneter Werth von A
1. Kaninchen von 1800 grm	2·853	69·406
2. „ „ 1600 „	2·088	55·278
3. „ „ 1500 „	2·736	75·165 ?
4. „ „ 620 „	1·1508	56·976
5. „ „ 600 „	1·1002	55·6675

Die Schwankungen sind hier viel grösser als dies bei den Hunden der Fall ist. Wenn man aber bedenkt, dass bei diesen Kaninchen die Ernährung nicht controlirt war, sondern den Thieren reichlich Futter gegeben wurde und bei der Art ihres Fressens sie wohl stets als im Zustand der Verdauung begriffen anzusehen sind, so passen sie doch (mit Ausnahme des dritten) genügend in die bei Hunden gefundenen Grenzen, um auch für sie bis auf Weiteres die Formel $n = A\sqrt[3]{g^2}$ als erste, grobe Annäherung an die Wahrheit gelten lassen zu können.

Ich habe für sämmtliche Versuche Dulong's den Factor A berechnet und gebe die Zusammenstellung in der unten folgenden Tabelle. Für die Versuche von Despretz konnte ich leider die Berechnung nicht durchführen, weil mir die Originalabhandlung zur Zeit nicht zugänglich ist.

Nummer	Thierart.	Alter	Gewicht	Dauer des Versuchs in Minuten	Producirte Stnd.-Cal.	Factor A
1	Katze	2 Mon.	712	70	7·200	97·50
2	„	$2^1/_2$ „	760	77	7·638	91·715
3	„	3 „	730	78	7·6387	94·22
4	„	4 „	1115	90	9·648	89·73
5	„	4 „	1105	68	9·5497	89·35
6	Hund	45 Tage	1040	79	7·6068	74·105
7	„	50 „	1150	88	7·028	64·03
8	„	60 „	1302	80	7·6828	64·433
9	Thurmfalke		265	128	1·832	44·405
10	„		280	120	1·946	45·47
11	Meerschweinchen	alt	865	97	5·037	55·48
12	„		874	95	5·138	56·206
13	„	jung	476	63	3·3559	55·046
14	Kaninchen	4 Mon.	1990	106	6·300	39·821
15	„	2 Mon.	990	90	4·2246	42·53
16	Taube		357	124	3·8463	76·43
17	„		346	133	4·0143	81·45

Die Zahlen schwanken offenbar viel zu sehr, um sichere Schlussfolgerungen zu gestatten. Wenn man aber die Werthe, welche für eine und dieselbe Thierart gewonnen wurden, unter einander vergleicht, so fällt es auf, dass fast ohne Ausnahme der kleinste Werth für den Factor A dem Versuch mit der längsten Versuchsdauer angehört. Das aber deutet darauf hin, dass diese Werthe die zuverlässigsten sind. Je kürzer der Versuch dauert, desto grösser muss natürlich der Antheil sein, welchen die Abkühlung des Thieres an der Erwärmung des Calorimeterwassers hatte, desto mehr musste also die berechnete Wärmeproduction zu gross ausfallen. Wir können also in der That annehmen, dass die Mehrzahl der von Dulong berechneten Werthe zu gross ist. Senator's Zahlen aber, welche mit den meinigen nahezu übereinstimmen, sind richtiger ausgefallen, weil er erstens warmes Wasser zum Füllen des Calorimeters benutzte und zweitens, weil seine Versuche länger dauerten, so dass der Fehler der Anfangszeit verhältnissmässig weniger zu bedeuten hatte.

10. Nach unserer Auffassung setzt sich der Factor A aus zwei anderen, α und ω, zusammen, von welchen der eine, α, von dem physiologischen Zustand des Thieres abhängt, der andere, ω, von der Körperform. Der letztere, und somit auch bei gleichbleibendem α der ganze Factor A, müssen deshalb bei verschiedenen Thierarten verschieden sein, ja sogar auch, und zum Theil noch viel mehr, bei verschiedenen Individuen derselben Art, besonders aber bei verschiedenen Rassen. Ein Windspiel z. B. und ein Mops unterscheiden sich in ihren Körperformen so gewaltig, dass man nicht von geometrischer Aehnlichkeit sprechen kann. Wenn aber die Werthe für A bei Hunden und bei Kaninchen nicht allzusehr verschieden sind, so beweist dies, dass die Differenzen von ω innerhalb der Grenzen fallen, dass sie auf den Werth $A = \alpha . \omega$ weniger einwirken, als die Schwankungen von α. Es ist leider, bei dem Mangel an wirklichen Messungen der Wärmeproduction an verschiedenen Thieren schwer, etwas Genaueres darüber festzustellen. Die Berechnungen der Wärmeproduction, wie sie Helmholtz u. A. für den Menschen, Voit, Rubner u. A. für die verschiedensten Thiere aus den Ausscheidungen gewonnen haben, sind leider zu unsicher, um sie in derselben Weise zur Berechnung des Factors A benutzen zu können, wie ich es mit den vorhandenen Messungen an Hunden und Kaninchen gethan habe.

Unter diesen Umständen dürfte es vor der Hand vielleicht eher gestattet sein anzunehmen, dass der Factor A auch bei denjenigen Thieren, für welche keine genauen Messungen vorliegen, innerhalb der beim Hunde und Kaninchen gefundenen Grenzen liegen möge, und unter Annahme eines mittleren Werthes desselben eine vorläufige Berechnung der Wärme-

production für diese Thiere vorzunehmen, um zu sehen, wie weit dieselbe mit dem auf anderem Wege Erschlossenen übereinstimmt.

11. Trotz vielfacher Berechnungen gehen die Angaben über die Wärmeproduction des Menschen noch weit auseinander. Für einen 82 ^{kgrm} schweren Mann hatte Helmholtz nach den Scharling'schen Angaben über die Athmung die Wärmeproduction auf 2700 Ca in 24 Stunden geschätzt. Aus Ranke's Angaben über die Normaldiät eines Menschen habe ich unter Benutzung der Frankland'schen Zahlen für die Verbrennungswärmen 2272 Ca berechnet. Nimmt man statt der Frankland'schen Zahlen diejenigen von Danilewsky, so erhält man höhere Werthe; so z. B. berechnet Grünhagen für einen Menschen von 70 ^{kgrm} 3150 Ca für 24 Stunden. Rubner kommt aber wieder zu kleineren Werthen und berechnet für einen (hungernden) Mann im Mittel 2303 Ca und als Mittelwerth Erwachsener bei mittlerer Arbeit 2843 Ca.

Wählt man zur Berechnung des Factors A für den Menschen von 70 ^{kgrm} die Rubner'sche Zahl 2303, was 96 Stunden-Calorien entspricht, so erhalten wir

$$A = 56 \cdot 52,$$

d. h. einen Werth, welcher nahe dem für verdauende Hunde gefundenen kommt. Der Mensch würde also bei Hunger schon nahezu so energische Wärmeproduction aufweisen, wie sie dem Hunde nur während der Verdauung zukommt. Und das kann sehr wohl der Fall sein. Denn der Mensch ist gewiss durch seine Kleidung lange nicht so gut vor Wärmeverlust geschützt wie der Hund durch seinen Pelz, muss also relativ mehr Wärme produciren, um seine Temperatur annähernd auf gleicher Höhe zu erhalten, abgesehen davon, dass wohl auch viele physiologische Functionen relativ lebhafter bei ihm verlaufen als beim Hunde. Bei guter Ernährung würde dann der Factor entsprechend höher zu nehmen sein; doch vermag ich nicht in Rubner's höherer Zahl den Einfluss der Ernährung von dem der Arbeit zu trennen. Ich schlage vor, bis auf weiteres den Factor $= 60$ zu setzen. Das würde für einen Mann von 70 ^{kgrm} pro 24 Stunden rund 2446 Ca geben. Die höheren, auf Grund der Danilewsky'schen Werthe berechneten Zahlen halte ich auf Grund von Rubner's Feststellungen für zu hoch.

12. Dass der Mensch einen höheren Factor A haben muss als die mit Pelz bedeckten Thiere, widerspricht den Annahmen, welche uns zur Gewinnung dieses Factors geführt haben, nicht. Wenn wir ein Thier scheeren, so verliert es sicher mehr Wärme als vorher. Entweder sinkt dann seine

Temperatur oder seine Wärmeproduction muss steigen. Das erstere findet sicherlich statt; ob auch das zweite, darüber müssen Versuche Aufschluss geben, welche ich in einem späteren Artikel mittheilen werde. Wenn aber der geringere Schutz vor Wärmeverlusten dauernd vorhanden und dennoch die Eigenwärme nahezu dieselbe ist, so kann dies nur durch stärkere Wärmeproduction zu Stande kommen.

Ich unterlasse es vorläufig, die Berechnung auch noch auf andere Thiere auszudehnen, für welche noch weniger sichere Unterlagen vorhanden sind als für den Menschen. Die weitere Verfolgung des Gegenstandes wird lehren, ob sich die Voraussetzungen bewähren, welche solche Berechnungen überhaupt ermöglichen.

Erlangen im Juli 1888.

Calorimetrische Untersuchungen.

Von

J. Rosenthal.

Dritter Artikel.
Einfluss der Ernährung auf die Wärmeproduction.

---

1. Der grosse Einfluss, welchen die Ernährung auf die Wärmeproduction hat, ist schon im vorhergehenden Artikel erwähnt worden. Während die früheren Forscher auf ihn keine Rücksicht nahmen, hatte Senator durch Vergleichung nüchterner, verdauender und hungernder Hunde den Anfang zur experimentellen Erforschung des Zusammenhanges gemacht. Das von ihm benutzte Wassercalorimeter genügt aber den Anforderungen nicht, welche gerade bei dieser Frage auftreten, durch ununterbrochene, über viele Stunden ausgedehnte Beobachtungen den zeitlichen Verlauf der Wärmeproduction bei regelmässiger, periodisch wiederkehrender Ernährung und bei längerer Nahrungsentziehung im Zusammenhang zu übersehen.

Ich habe solche Versuche sowohl an Hunden wie an Kaninchen angestellt. Bei letzteren sind dieselben mit grösseren Schwierigkeiten verbunden, weil sich die Ernährung derselben nicht so gut regeln lässt, als die der Hunde. Es ist mir jedoch, wie sich zeigen wird, gelungen, diese Schwierigkeit einigermaassen zu überwinden.

Zur Erlangung gut vergleichbarer Ergebnisse ist es weniger wichtig eine grosse Zahl von Versuchen zu machen, als vielmehr längere Versuchsreihen an einem und demselben Thier und diese zu wiederholten Malen. Man gewinnt dadurch die Möglichkeit, Mittelzahlen aus allen unter gleichen Verhältnissen gewonnenen Messungen zu ziehen und sich dadurch von den zufälligen Schwankungen in Folge der Mitwirkung unbekannter Einflüsse möglichst frei zu machen.

Längere Hungerperioden als 48 bis 50 Stunden habe ich anfangs nicht untersucht. Es ist ja unzweifelhaft, dass bei längerer Nahrungsentziehung die Wärmeproduction zuletzt bis zu einer Grenze sinken muss, welche dem Erlöschen des Lebens vorangeht. Ich werde später auf diese Frage zurückkommen. Vorerst will ich nur von der eigentlichen Ernährung handeln, welche sich innerhalb der Grenzen des Normalen hält. Ich werde mich deshalb zunächst auf Versuche mit höchstens 48 stündigen Fütterungspausen beschränken.

I. Versuche an Hunden.

2. Eine längere Versuchsreihe wurde zunächst an einer Hündin gemacht, deren Gewicht im Laufe der Versuche zwischen 5400 und 5000 ^{grm} schwankte. Sie war vor Beginn der Versuchsreihe reichlich, aber ohne Bestimmung der Nahrungsmengen gefüttert worden. In den letzten Tagen vor Beginn der Versuche und während derselben erhielt sie, mit Ausnahme der Hungertage 200 ^{grm} Fleisch, 25 ^{grm} Speck und wechselnde Mengen Wasser, zwischen 55 und 250 ^{grm} pro Tag.

Die Bestimmungen wurden am grossen Calorimeter vorgenommen, und das Thier blieb in der Regel viele Stunden, zuweilen Tage lang, im Apparat. Die Fütterung erfolgte theilweise innerhalb des Apparates, indem das Thier, nachdem es 24 Stunden vorher gefressen hatte, mit seinem Futter in denselben gebracht, oder indem das Futter, wenn das Thier schon im Apparat verweilt hatte, ihm hineingeschoben wurde. In einem anderen Theil der Versuche wurde das Futter ausserhalb des Apparate gereicht und das Thier dann kürzere oder längere Zeit nach der letzten Fütterung in den Apparat gebracht. Zuweilen wurde auch der Apparat vor dem Einbringen des Thieres durch eine Gasflamme vorgeheizt, so dass der Manometerstand nahezu die Höhe hatte, welche man von dem Thiere erwartete, oder eine etwas höhere. Im letzteren Falle fiel das Manometer nach dem Einbringen des Thieres und erreichte erst nach einiger Zeit einen festen Stand. Es wurden immer nur solche Manometerstände bei den Berechnungen berücksichtigt, welche durch ihre Stetigkeit als sichere Zeichen des hergestellten Gleichgewichts zwischen Wärmeproduction und Wärmeverlusten gelten konnten. Wegen der im ersten Artikel besprochenen Trägheit des grossen Apparates mussten deshalb einzelne Stücke der Beobachtungsreihen in den ersten Zeiten nach jeder Aenderung, z. B. nach dem Einbringen des Thieres, unberücksichtigt bleiben. Bei Beobachtungen von längerer Zeitdauer, in denen keine grösseren Schwankungen stattfanden, habe ich in der Regel die Messungen von Stunde zu Stunde vorgenommen, oder sämmtliche während einer Stunde abgelesenen Werthe zu einem Stundenmittel zusammengezogen.

Die berechneten Werthe der Wärmeproduction dieses Thieres waren folgende:

a) in der	3.	bis	10.	Stunde nach der Fütterung	3.54	*s. ca*
b) „ „	4.	„	10.	„ „ „ „	4.17	„
c) „ „	4.	„	9.	„ „ „ „	4·08	„
d) „ „	5.	„	10.	„ „ „ „	4·13	„
„ „	20.	„	36.	„ „ „ „	4·16	„
„ „	46.	„	50.	„ „ „ „	3·16	„

Als Mittelwerth aus allen diesen Bestimmungen (deren jede auf einer grossen Zahl von Ablesungen beruht) ergiebt sich für einen Hund von etwa 5200 grm Körpergewicht eine Wärmeproduction von 3·873 *s. ca*, oder von 0·7746 *s. ca*, auf 1 Kilo oder 2·8 Stunden-Calorien auf 1 kgrm.

e) An derselben Hündin wurden folgende Versuchsreihen vorgenommen, welche ich etwas eingehender mittheile.

Nachdem das Thier am Vorabend des Versuchsanfanges sein gewöhnliches Futter (200 grm Fleisch, 25 grm Fett und 225 grm Wasser) erhalten hatte, wog es um 9 Uhr morgens 5150 grm. Es wurde jetzt in das durch eine Gasflamme vorgewärmte Calorimeter gebracht; das Manometer sank Anfangs, so dass eine genauere Bestimmung der Wärmeproduction für die erste Zeit nicht möglich war. Von 11 Uhr ab (also zwei Stunden nach dem Einbringen in das Calorimeter) wurde das Sinken langsamer. Es war jetzt Gleichgewicht zwischen Wärmeproduction und Wärmeverlust eingetreten. Das Sinken ging nach 1 Uhr wieder in ein geringfügiges Steigen über. Die abgelesenen Manometerstände betrugen:

Von 11 bis 2 Uhr . . . . . . im Mittel 231·2
(Max. 248 — Min 222)
Von 2 bis 7 Uhr . . . . . . im Mittel 244·75
(Max. 247 — Min. 243)

Das Thier blieb während der Nacht im Apparat. Am folgenden Tage wurde beobachtet:

Von 7 bis 10 Uhr vorm. . . . . im Mittel 249·75
(Max. 257 — Min. 246.)

Um 10 h 15′ vorm. wurde dem Thier das Futter in den Apparat hineingeschoben, bestehend aus 200 grm Fleisch, 25 grm Fett, 85 grm Wasser. Dasselbe wurde sofort gierig verzehrt. Unmittelbar darauf trat ein vorübergehendes und geringfügiges Steigen des Manometers ein; von 246 auf 251 innerhalb 30 Minuten. Um 11 Uhr war der Stand wieder 246 und sank noch bis 12 Uhr auf 238. Das Mittel aus allen Beobachtungen von der Fütterung bis 12 Uhr ist 244·5.

Von jetzt ab, d. h. also von der dritten Stunde nach der Fütterung beginnt ein stärkeres Ansteigen. Das Manometer zeigte:

Um 1 h —		255	Mittel 297
2 h 5′		276	
3 h —		293	
3 h 45′		297	
4 h 35′		310	
5 h 15′	(Max.)	329	
6 h 3′		320	
7 h 15′		295	

Das Thier bleibt wieder über Nacht im Apparat. Am folgenden Tage stand das Manometer zwischen 7 und 9 Uhr morgens auf 224, stieg dann bis 10 Uhr auf 256.[1] Um 10 h 20 wird das Futter gereicht; dasselbe besteht diesmal aus 200 grm Fleisch, 25 grm Fett, 25 grm Zucker und 125 grm Wasser. Es wurde wiederum sofort verzehrt. Unmittelbar darauf begann wiederum das Manometer zu steigen und kam um 10 h 45′ (20 Minuten nach dem Fressen) auf 286. Um 11 h stand es wieder auf 282, stieg dann aber, abweichend von dem Verhalten am vorhergehenden Tage, gleich wieder. Der Manometerstand war:

Um 11 h —′	282
11 h 30′	285
12 h —′	292
12 h 30′	317

Das Mittel aus den Ablesungen der ersten und zweiten Stunde nach der Fütterung ist 292·4. Die folgenden Ablesungen ergaben:

12 h 55′	325
1 h 30′	334
2 h —	343
3 h 5′	346
4 h —	359
5 h 10′	345
6 h —	327
7 h —	312

Das Manometer stieg also fortwährend bis 4 Uhr (fast sechs Stunden nach der Fütterung) und begann dann wieder zu sinken. Der Hund blieb

[1] Dieses Steigen rührt vielfach von Bewegungen des unruhig gewordenen Thieres her. Ich komme auf diese Frage zurück.

abermals über Nacht im Apparat. Am anderen Tage erhielt er kein Futter. Die Manometerstände waren:

6 h 55′	258
8 h —	250
10 h 34′	251 (24 Stunden n. d. Fütterung)
11 h 4′	261
11 h 30′	260
12 h —	263
12 h 30′	266
12 h 55′	270
2 h —	265
3 h 5′	265
4 h —	270
5 h —	276
6 h 3′	290

Nachdem der Hund abermals die Nacht im Apparat zugebracht hatte, zeigte er am folgenden Tage vormittags:

7 h —	268
8 h —	260
9 h —	264
10 h 12′	257

Hier wurde der Versuch abgebrochen.

4. In der letzten, unter e) angeführten Versuchsreihe können wir den Einfluss der Nahrungsaufnahme auf die Wärmebildung am besten übersehen, weil hier der Hund längere Zeit im Apparat verblieb und innerhalb desselben sein Futter erhielt. Es gingen deshalb (abgesehen von den Nachtstunden, in denen nicht beobachtet wurde) nicht, wie in den anderen Versuchen, Beobachtungszeiten durch das langsame Erreichen eines constanten Zustandes, welcher allein maassgebend für die Berechnung ist, verloren.

Die erste Fütterung bestand aus dem auch sonst regelmässig gegebenen Futter (200 grm, Fleisch, 25 grm Fett, 85 grm Wasser); 24 Stunden später erhielt der Hund 200 grm Fleisch, 25 grm Fett, 25 grm Zucker und 125 grm Wasser. Er verblieb danach noch 48 Stunden im Apparat. Ich will zunächst nur die ersten 24 Stunden dieser letzten Periode berücksichtigen und sie mit den vorhergegangenen Stunden vergleichen. Diese beiden Perioden sind insofern analog, als sie eben beide Zeiträume von je 24 Stunden vom Moment der Fütterung an betreffen. Sie unterscheiden sich von einander nur wenig. 1) bei der ersten dieser Perioden waren seit der letzten Fütterung 39 Stunden verflossen, bei der zweiten nur 24 Stunden; 2) der Manometerstand vor der Fütterung betrug bei der ersten Periode 250, bei

der zweiten 230; 3) das Futter enthielt bei der zweiten Periode 25 grm Zucker mehr.

Ein Manometerstand von 250 mm bedeutet in unserem Versuche eine Wärmeproduction von 4·211 *s. ca*, ein Manometerstand von 230 entspricht einer Production von 4·110 *s. ca.* Um beide Reihen vergleichbarer zu machen, habe ich die Zahlenwerthe derselben auf Procente der Anfangswerthe umgerechnet. Wir erhalten so die folgende Tabelle:

Tabelle 1.

Wärmeproduction des Hundes innerhalb 24 Stunden nach der Fütterung.

Stunden nach der Fütterung	I. Periode	II. Periode	Stunden nach der Fütterung	I. Periode	II. Periode
0	100	100	13.	—	—
1.	102	114	14.	—	—
2.	97·5	117	15.	—	—
3.	105	128·5	16.	—	—
4.	112	136	17.	—	—
5.	120	138	18.	—	—
6.	124	143	19.	—	—
7.	126	138	20.	—	—
8.	134	126	21.	90	102
9.	131	—	22.	92·7	100
10.	124	—	23.	92·7	—
11.	—	—	24.	102	—
12.	—	—			

5. Dass in der zweiten der beiden 24 stündigen Perioden, welche wir hier betrachten, die Steigerung eine höhere war, als in der ersten, erklärt sich leicht, wenn man bedenkt, dass der ersten Periode eine Zeit von 39 bis 40 Stunden, ohne Nahrungsaufnahme vorangegangen war, der letzteren aber nur eine Zeit von 24 Stunden, und dass ausserdem bei der zweiten Fütterung neben dem Fleisch und Fett auch noch Zucker gereicht wurde. Auf dieselbe Ursache ist es wohl auch zurückzuführen, dass die Wärmeproduction nach der eigentlichen Verdauungsperiode nur wenig sank und gegen das Ende der 24 Stunden ungefähr eben so hoch war als zu Anfang derselben. Dass aber das Steigen so schnell nach der Aufnahme eintritt und nicht erst, wie bei dem ersten Versuch, zwei Stunden nach der Fütterung, das halte ich für eine Folge des Zuckerzusatzes zur Nahrung. Von der Ansicht ausgehend, dass Zucker als ein leicht resorbirbarer und leicht oxydirbarer Körper

nicht nur die Wärmeproduction steigern, sondern dass diese Steigerung auch sehr schnell eintreten werde, habe ich den Versuch mit Zusatz von Zucker angestellt. Und das Ergebniss des Versuchs scheint mit meiner Voraussetzung in vollkommener Uebereinstimmung zu sein. Ich will auf weitere Schlussfolgerungen aus dieser Uebereinstimmung hier nicht eingehen. Denn die Aufnahme eines Nahrungsstoffes gestattet noch keinen sicheren Schluss auf seine Schicksale im Thierkörper und auf die Zeit, wann die Wirkungen desselben zur Erscheinung kommen. Ich betrachte die in diesem Artikel mitgetheilten Versuche überhaupt nur als vorbereitende, zur allgemeinen Orientirung dienende. Sie sollen meiner Absicht nach nur dazu dienen, zu zeigen, dass wir in der directen Calorimetrie ein Mittel haben, die Stoffwechselvorgänge im Thierkörper noch in anderer Weise zu verfolgen, als nur durch quantitative Bestimmungen der Ausscheidungen. Während man bisher, wegen der Mängel der calorimetrischen Methoden bemüht war, aus den Ausscheidungen durch Rechnung die Wärmeproduction mittelbar zu finden, können wir mit Hülfe des Luftcalorimeters diese unmittelbar und mit hinreichender Sicherheit messen und mit den aus den Ausscheidungen berechneten Stoffwechselvorgängen vergleichen. Es leuchtet ein, wie sehr dadurch die Sicherheit unserer Kenntnisse von den Lebensvorgängen zunehmen muss. Um aber diese Vergleichung durchzuführen, ist es nothwendig, g l e i c h z e i t i g mit der Wärmeproduction auch die Ausscheidungen zu bestimmen, was in den hier besprochenen Versuchen nicht der Fall war. Ich gedenke deshalb an einer späteren Stelle auf diese Fragen nochmals zurückzukommen und sie dann eingehender zu behandeln.

Eine Beobachtung will ich hier noch kurz erwähnen, welche ich alle Mal zu machen Gelegenheit hatte, wenn ich dem Hunde das Futter gab, während er im Calorimeter war. Das Manometer stieg nämlich unmittelbar darauf vorübergehend. Das Steigen ist zuweilen nur ein geringes und verzögert nur den sonst um diese Zeit stets vorhandenen Abfall ein wenig. In anderen Fällen ist es beträchtlicher, einmal z. B. 30^{mm}. Da die nothwendige Oeffnung des Calorimeterraumes ein vorübergehendes Sinken veranlassen muss, so versteht man, wie dieses das Ansteigen mehr oder weniger verdecken kann. Ich glaube das Ansteigen durch die auf das Fressen verwendete Muskelarbeit beziehen zu müssen, welche ja mit einer vermehrten Wärmeproduction verbunden sein muss.

6. Lässt man den Hund länger als 24 Stunden fasten, so nimmt die Wärmeproduction wenigstens bis zur 50. Stunde nur sehr wenig ab, oder steigt sogar noch ein wenig an und schwankt innerhalb enger Grenzen hin und her. Auf längere Hungerperioden werde ich im nächsten Artikel zu sprechen kommen. Aus den hier mitgetheilten Versuchen ergiebt sich zunächst

folgendes: Eine erhebliche Steigerung der Wärmeproduction beginnt meistens in der dritten Stunde nach dem Fressen und hat in der sechsten bis neunten Stunde ihr Maximum. Man übersieht dies am Besten aus der Zusammen-

Tabelle 2.

Zusammenstellung der Versuche am Hunde nach der Fütterungszeit.

Stunde n. d. Fütterung	Versuch c. *s. ca*	Versuch d. *s. ca*	Versuch e. *s. ca*	Versuch e. *s. ca*	Versuch e. *s. ca*	Mittel	Procent
1	—	—	—	4·194	4·7835	4·489	107·06
2	—	—	—	4·009	4·859	4·434	104·70
3	(2·756) ?	3·807	—	4·295	5·407	4·503	107·06
4	3·542	4·233	—	4·649	5·7015	4·531	107·06
5	3·834	4·536	—	4·935	5·777	4·770	114·11
6	**4·466**	4·595	—	5·0026	**5·951**	**5·003**	118·82
7	**4·441**	**5·5175**	—	5·2214	5·811	**5·199**	123·53
8	4·268	5·467	—	**5·5415**	5·255	**5·133**	121·18
9	—	5·3245	—	5·390	—	**5·357**	128·23
10	—	4·612	—	4·969	—	4·790	114·11
11	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—
13	—	—	—	—	—	—	—
14	—	—	—	—	—	—	—
15	—	—	4·4466 ?	—	—	—	—
16	—	—	3·9413	—	—	—	—
17	—	—	3·739	—	—	—	—
18	—	—	3·739	—	—	—	—
19	—	—	3·874	—	—	—	—
20	—	—	4·093	—	—	—	—
21	—	—	4·126	3·739	4·3456	4·053	—
22	—	4·1926	4·160	3·773	4·211	4·074	—
23	—	4·248	4·110	3·8235	—	4·061	—
24	—	4·109	—	4·211	—	4·160	—
25	—	4·109	—	—	4·312	4·107	—
26	—	4·025	—	—	4·4045	4·205	—
27	—	3·908	—	—	4·514	4·211	—
28	—	—	—	—	4·4635	—	—
29	—	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	4·5468	—	—
31	—	—	—	—	4·649	—	—
32	—	—	—	—	4·8835	—	—
33	—	—	—	—	—	—	—
34	—	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	—	—	—	—
36	—	—	4·1126	—	—	—	—
37	—	—	4·211	—	—	—	—
38	—	—	4·329	—	—	—	—
39	—	—	4·1126	—	—	—	—
40	—	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	4·514	—	—
46	—	—	—	—	4·379	—	—
47	—	—	—	—	4·4364	—	—
48	—	—	—	—	4·4329	—	—

stellung in Tabelle 2. Zur Erläuterung dieser Tabelle, welche die beobachteten Werthe aus den Manometerablesungen[1] in Secundencalorien umgerechnet, enthält, bemerke ich folgendes: Der erste Werth in Versuch c ist zweifelhaft, weil nicht mit Sicherheit angegeben werden kann, ob sich schon der Gleichgewichtszustand im Apparat hergestellt hatte. Er wurde deshalb auch bei der Berechnung des Mittelwerthes für die dritte Stunde nicht verwendet. Die Betrachtung der Mittelwerthe lehrt ausser dem schon ausgesprochenen Satze über den steigernden Einfluss der Verdauung ferner, dass die Abnahme innerhalb der späteren Stunden eine geringe ist. Der Einfluss der Verdauung erscheint in den Mittelzahlen geringer, als in jedem einzelnen Versuch, weil die Maxima der einzelnen Versuche zeitlich nicht zusammenfallen, so dass die Unterschiede der Werthe bei Berechnung von Stundenmitteln sich zum Theil ausgleichen. Dadurch erklärt es sich auch, dass das absolute Maximum der Mittelzahlen auf die neunte Stunde fällt, während es in den Einzelversuchen spätestens in die achte fiel. Ich glaube aber, dass wir auf das absolute Maximum keinen allzu grossen Werth legen dürfen, weil dieses bald etwas früher, bald etwas später eintreten kann, sondern dass wir den Thatbestand am besten ausdrücken, wenn wir sagen, dass zwischen der sechsten und neunten Stunde nach der Fütterung eine erhebliche Steigerung der Wärmeproduction stattfindet, und zwar um rund 20 bis 25 Procent der vor der Fütterung nach 24 bis 48 Stunden langem Fasten bestehenden. Von der 10. Stunde ab wird dann die Wärmeproduction wieder etwas geringer und kommt nach 24 Stunden nahezu wieder auf den früheren Werth, den sie dann auch bei weiterem Fasten in den folgenden 24 Stunden nahezu einhält.

Wird bei der in unseren Versuchen angewandten Fütterung nach Verlauf von 24 Stunden wieder dieselbe Nahrungsmenge gereicht, so steigt die Wärmeproduction noch etwas mehr an und erreicht ein höheres Maximum, als sie nach einer voraufgegangenen längeren Fastenzeit erlangt hätte. Die gegebene Futtermenge war, wie aus den Versuchen hervorgeht, ausreichend, die Energie der Lebensvorgänge vollkommen zu erhalten, nicht nur für 24 Stunden, sondern auch für eine längere Zeit. Wir können daher den Hund in unserem Versuche für gut und ausreichend genährt ansehen, und die an ihm erhaltenen Werthe als gute Mittelwerthe bei normaler Ernährung betrachten und zur Vergleichung mit anderen Fällen benutzen. Um jedoch eine solche Normalzahl zu berechnen, fehlen uns leider Bestimmungen für einen Theil der 24stündigen Periode. Für diejenigen Stunden, für welche mehrere Beobachtungen aus verschiedenen Reihen vorlagen, habe

[1] Wenn innerhalb einer Stunde mehrere Ablesungen gemacht waren, so wurde der Mittelwerth aus diesen der Berechnung zu Grunde gelegt.

ich die Stundenmittel berechnet für die ersten zehn Stunden und für die letzten drei. Für die 15. bis 20. Stunde können wir die Beobachtungsreihe aus dem ersten Theil des Versuches e heranziehen; für die 11. bis 14. Stunde müssen wir die fehlenden Glieder durch Interpolation ergänzen. Eine solche Berechnung ergiebt als durchschnittliche Wärmeproduction für den in Rede stehenden Hund

$$4 \cdot 2\ s.\ ca,$$

was 16·12 Stundencalorien entspricht. Dieser Werth ist grösser, als ihn Senator bei einem Hunde von ungefähr gleichem Körpergewicht gefunden hat. Der Unterschied ist aber nur gering. Er ist auch grösser als der von uns aus den ersten Versuchen berechnete (3·88 *s. ca*). Aber gerade die letzten Versuche sind die zuverlässigeren, weil durch das lange Verweilen des Thieres im Apparat die Fehler verringert werden. Hauptsächlich aber kommt bei der Beurtheilung der gute Ernährungszustand des Thieres gerade in diesen letzten Versuchen in Betracht, weil dasselbe schon längere Zeit reichlich und gleichmässig gefüttert worden war.

II. Versuche an Kaninchen.

7. Die Ernährung der Kaninchen lässt sich nicht so genau regeln wie die von Hunden, da erstere fast den ganzen Tag fressen. Ich habe deshalb anfangs nur fressende Thiere mit hungernden verglichen.

a) Ein Kaninchen, welches Grünfutter und Brot in nicht näher bestimmten Mengen erhielt, wurde in einem Zeitraum von 20 Tagen fünf Mal in dem kleinen Calorimeter untersucht. Als Mittel aus diesen Bestimmungen ergab sich eine Wärmeproduction von

$$2 \cdot 83\ s.\ ca,$$

oder auf 1 Kilo Thier berechnet:

$$1 \cdot 67\ s.\ ca.$$

Als dann das Thier drei Tage hungerte, gab es

$$\left.\begin{array}{l} \text{am ersten Hungertage } 0 \cdot 95 \\ \text{am zweiten Hungertage } 1 \cdot 30 \\ \text{am dritten Hungertage } 1 \cdot 10 \end{array}\right\} \text{im Mittel } 1 \cdot 15\ s.\ ca$$

oder auf 1 Kilo: 0·69 *s. ca.*

b) An einem anderen Kaninchen wurden innerhalb neun Tagen acht Bestimmungen gemacht. Die Ernährung war ähnlich wie die des vorigen Thieres. Die Wärmeproduction war im Mittel aus den acht Versuchen

$$2 \cdot 84\ s.\ ca,$$

oder auf 1 Kilo Thier

1·68 *s. ca.*

Als dem Thiere das Futter entzogen wurde, producirte es:

am 1. Hungertage, vormittags, in der 13. Stunde nach dem letzten Fressen	2·64 *s. ca*
an demselben Tage, nachmittags	1·96 „
am 2. Hungertage, vormittags	1·75 „
am 2. Hungertage, nachmittags	1·45 „
Im Mittel an den zwei Hungertagen	1·95 „

oder auf 1 Kilo Thier

1·16 *s. ca.*

Am Abend des zweiten Hungertages wurde die Fütterung wieder aufgenommen. Das Thier producirte jetzt

am folgenden Tage	2·68 *s. ca*
am zweiten Tage	3·03 „
im Mittel	2·85 „

oder auf 1 Kilo Thier 1·67 *s. ca.*

Einige Tage später war die Wärmeproduction 2·75 *s. ca.*

c) Bei einem dritten Kaninchen mit gleicher Fütterung ergab sich als mittlere Wärmeproduction

2·62 *s. ca.*

Als man dasselbe hungern liess, producirte es

am 1. Hungertage (etwa 12 Stunden nach dem letzten Fressen)	2·61 *s. ca*
an demselben Tage, nachmittags	1·95 „
am 2. Hungertage, vormittags	1·71 „
am 3. Hungertage, vormittags	1·38 „
am 3. Hungertage, nachmittags	1·37 „
am 4. Hungertage, vormittags	1·26 „

Es wurde jetzt wieder gefüttert und producirte:

am selben Tage, nachmittags (etwa 4 Stunden nach dem Fressen)	2·99 „
am folgenden Tage, vormittags	2·63 „
nachmittags	2·76 „
am 3. Tage, vormittags	2·90 „

Dem Thiere wurde jetzt neben seinem bisherigen Futter noch Hafer gegeben. Bei den folgenden Bestimmungen producirte es

3·60 *s. ca*

und einige Tage später

2·90 und 3·1 *s. ca.*

Nimmt man das Mittel aus allen Bestimmungen vor und nach dem Hungern, so producirte das Thier:

bei Nahrungsaufnahme 2·855
oder auf 1 Kilo 1·68 *s. ca,*
dagegen beim Hungern 1·71
oder auf 1 Kilo 1·06 *s. ca.*

8. Um die Ergebnisse dieser Versuche übersichtlicher zu machen, habe ich sie nach Ernährungszeiten, d. h. nach der seit der letzten Fütterung verflossenen Zeit, in einer Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 3.

Zusammenstellung der an drei Kaninchen gewonnenen Werthe, nach Ernährungszeiten geordnet.

Vor dem Hungern	2·83 2·84 2·62	Mittel 2·763
In der 3. Stunde nach der Fütterung	2·60 2·61	Mittel 2·605
„ „ 8. „ „ „ „	0·95 (?)[1] 1·95	Mittel 1·45
„ „ 13. „ „ „ „	—	2·64
„ „ 20. „ „ „ „	—	1·96
„ „ 27. „ „ „ „	1·30 1·71	Mittel 1·555
„ „ 32. „ „ „ „	—	1·30
„ „ 46. „ „ „ „	—	1·75
„ „ 51. „ „ „ „	1·10 1·38	Mittel 1·24
„ „ 52. „ „ „ „	—	1·45
„ „ 55. „ „ „ „	—	1·37
„ „ 56. „ „ „ „	—	1·10
„ „ 75. „ „ „ „	—	1·26

Die Vergleichung der Zahlen wird freilich sehr erschwert, weil die drei den Versuchen unterworfenen Kaninchen in ungleicher Weise auf die

[1] Diese Zahl ist unsicher; doch war der wahre Sachverhalt bei der lange Zeit nach der Beobachtung ausgeführten Berechnung nicht mehr festzustellen.

Nahrungsentziehung reagiren. Ich habe deswegen die Ergebnisse in der untenstehenden Tabelle 4 noch in anderer Weise zusammengestellt, indem ich die vor dem Beginn des Hungers beobachtete Wärmeproduction = 100 setzte und die späteren Werthe in Procenten jener berechnete.

Tabelle 4.

Zusammenstellung der von hungernden Kaninchen producirten Wärmemengen in Procenten der vor dem Hungern beobachteten.

Hungerperiode	Kaninchen 1	Kaninchen 2	Kaninchen 3
Vor dem Hungern	100	100	100
3. Stunde	92	—	99
8. „	—	—	74
13. „	—	93	—
20. „	—	69	—
27. „	46	—	65
32. „	46	—	—
46. „	—	62	—
51. „	39	—	53
52. „	—	51	—
55. „	—	—	52
56. „	39	—	—
75. „	—	—	48

9. Da diese Versuche sehr lückenhaft sind und keine Vergleichung mit den später angestellten, oben schon mitgetheilten Versuchen an Hunden gestatten, so wurde noch eine neue, längere Versuchsreihe an einem Kaninchen angestellt, welches vor dem Beginn der Hungerperiode eine möglichst gute und reichliche Nahrung erhielt. Zu diesem Zwecke wurden dem Thier, das zu Beginn der Versuchsreihe 2280 grm wog, während mehrerer Tage sehr reichliches und nahrhaftes Futter gereicht, bestehend aus Mohrrüben und grob gemahlenem Hafer, der mit wenig Wasser angefeuchtet wurde. Später wurde diesem Futter noch etwas trockenes Eiweiss, aus Serum dargestellt, wie es käuflich aus den sogenannten Albuminfabriken zu erhalten ist, beigemischt und zwar 5 grm auf 30 grm Hafermehl; zum Anfeuchten wurde statt reinen Wassers eine schwache Kochsalzlösung genommen. Das Thier nahm dieses Futter willig an und verzehrte von dem Hafermehl im Durchschnitt täglich 50 grm, später noch mehr. Sein Gewicht blieb dabei nicht nur auf der oben angegebenen Höhe, sondern nahm sogar noch etwas zu.

Am achten Tage seit Beginn dieser Fütterung wog das Thier 2405 grm. Es wurde jetzt vormittags 10 h 25′ mit seinem Futter in das durch eine Gasflamme vorgeheitzte grosse Calorimeter eingebracht. Um 11 Uhr hatte sich das Manometer auf 142 mm eingestellt, was einer Wärmeproduction von 2·385 *s. ca* entspricht. Die fernere Wärmeproduction ist in ihrem ganzen Verlauf in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5.

Verlauf der Wärmebildung bei einem Kaninchen mit reichlicher Ernährung.

Stunde	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	Mittel	Procent	Zur Vergl. der Zahlen vom Hund
1.	2·385	1·8642	2·2673	—	2·172	109·04	107·06
2.	2·352	2·0989	2·5192	—	2·320	116·58	104·70
3.	2·452	2·3933	2·6200	—	1·488	125·12	107·06
4.	2·469	2·5361	2·6536	—	**2·886**	145·22	114·11
5.	2·5025	**2·6872**	2·6872	—	**2·626**	131·65	118·82
6.	2·620	2·6200	2·6872	—	**2·642**	132·66	123·53
7.	**2·7537**	2·6536	**2·8551**	—	**2·754**	138·19	121·18
8.	2·620	2·6370	2·7711	—	**2·676**	134·17	128·23
9.	2·4858	2·5192	2·7040	2·2332	2·486	124·62	114·11
10.	2·3513	—	2·7208	2·2160	2·429	122·11	—
11.	—	—	2·7537	2·18335	2·4685	124·12	—
12.	—	—	2·4856	2·18335	2·334	117·08	—
13.	—	—	—	2·0826	—	—	—
14.	—	—	—	2·0322	—	—	—
15.	—	—	—	1·982	—	—	—
16.	—	—	—	1·965	—	—	—
17.	—	—	—	1·881	—	—	—
18.	—	—	—	1·9315	—	—	—
19.	—	—	—	1·982	—	—	—
20.	—	—	—	1·8476	—	—	—
21.	1·8474	2·3177	—	1·9146	2·0266	101·50	—
22.	1·7803	2·2840	—	(1·6795)	1·9146	95·98	—
23.	1·7467	2·2505	—	—	1·9986	100·00	—
24.	1·7635	2·2340	—	—	1·9987	100·00	—

Wie man aus dieser Tabelle ersieht, verhält sich das so ernährte Kaninchen im Wesentlichen wie der Hund. Auch bei ihm tritt, wenn es nach 24stündiger Pause wieder Nahrung erhält, eine erhebliche Verdauungssteigerung ein, welche in der 5. bis 9. Stunde nach dem Fressen ihr Maximum erreicht. Die Steigerung ist verhältnissmässig viel grösser als beim Hunde und hält auch länger an als bei diesem. Gegen das Ende der 24 Stunden ist sie gegen das Maximum um 38 Procent geringer, während der grösste Unterschied beim Hunde 28 Procent beträgt. Dabei ist noch zu bemerken, dass bei der vorletzten und noch mehr bei der letzten Fütterung das Thier nur einen Theil des ihm gereichten Futters gefressen hatte.

Der letzte Tag ist also eigentlich ein halber Hungertag, was sich in den niedrigen Zahlen der späteren Stunden ausprägt, und da diese auch auf die Berechnung des Mittels einwirken, hier eine Depression verursachen, welche sicher nicht als Regel angesehen werden darf, zumal sie am zweiten Tage fehlt Wir können nur sagen, dass von der 20. bis 24. Stunde die Wärmeproduction nahezu constant bleibt.

Entsprechend der geringen Nahrungsaufnahme am Schlusse seines 4 tägigen Aufenthaltes im Apparat hatte das Thier am Ende des Versuchs erheblich an Gewicht abgenommen. Es hatte zu Anfang gewogen 2405 ^{grm} und wog zum Schluss 2030 ^{grm}. Es wurden ihm während dieser Zeit in vier Portionen zusammen 240 ^{grm} Hafermehl und 40 ^{grm} Eiweiss gereicht, wovon es etwa $^3/_4$ wirklich verzehrte und dazu noch 370 von seiner Körpersubstanz abgab. Wieviel davon Wasser war, ist nicht bestimmt worden. Während der 96 Stunden in denen es im Apparat verweilte, hat es im Durchschnitt in der Stunde 2·22 *Ca* producirt, was rund 1·1 *Ca* pro Kilogramm seines Körpergewichtes ausmacht.

Das ist nicht erheblich verschieden von der Wärmeproduction, welche auch die anderen auf gewöhnliche Art gefütterten Kaninchen zeigen. Aber in Einem unterscheidet es sich wesentlich von ihnen: seine Wärmeproduction sinkt nicht so schnell nach der Nahrungsentziehung, wie es bei jenen der Fall war. In den ersten 24 Stunden der Untersuchung frass das Thier gar nichts, da es unmittelbar nach dem Verzehren des Futters in den Apparat kam und erst nach Verlauf von 24 Stunden wieder Futter erhielt. In diesen 24 Stunden sank die Wärmeproduction von 2·385 *s. ca* (nach dem in den ersten Stunden stets erfolgenden Steigen) auf 1·7635; am zweiten Tage nur auf 2·234. Dahingegen zeigten die anderen Kaninchen in der 20. bis 24. Stunde nur noch etwa 50 bis 70 Procent der vor dem Aufhören des Fressens producirten Wärme. Diese grössere Resistenz gegen Nahrungsentziehung ist offenbar die Folge der Ernährungsweise, welche der eines Fleischfressers ähnlich war.

Erlangen im Juli 1888.

Ueber die Gase in der Schwimmblase der Fische.

Von

Dr. Margherita Traube-Mengarini
in Rom.

Seit den Moreau'schen Untersuchungen über die Gasentwickelung in der Schwimmblase der Fische ist den Physiologen die Vorstellung geläufig, dass von den Wänden der Schwimmblase Sauerstoff abgesondert werde.

Schon seit dem siebzehnten Jahrhundert bestanden unter den Naturforschern zwei ganz bestimmte und einander entgegengesetzte Vorstellungen über die Herkunft der Luft in der Schwimmblase.

Die Einen, wie Needham, nahmen an, dass die in der Blase enthaltene Luft in ihren sogenannten rothen Körpern erzeugt würde.

Die Anderen, unter denen Borelli, hielten die Luft für von den Fischen geschluckt, und aus dem Magen, mittels des Ductus pneumaticus n die Schwimmblase befördert.

Diese Ansicht war ebenso berechtigt wie die erstere, so lange man sich nicht klar darüber war, ob es wirklich geschlossene Schwimmblasen gäbe.

Erst Delaroche erwarb sich das Verdienst zu beweisen, dass wirklich Schwimmblasen ohne Ductus pneumaticus vorhanden seien.

Dieser anatomische Nachweis schloss jedenfalls die Möglichkeit aus, dass alle Fische die Luft mittels des Ductus pneumaticus in die Blase beförderten.

Um diese Zeit schien die Secretionshypothese bekräftigt durch die Versuche, die Humboldt und Provençal gelegentlich ihrer berühmten Untersuchung über die Respiration der Fische anstellten.

Humboldt und Provençal liessen die Fische (Cyprinus tinca; mit Luftgang der Schwimmblase) in Wasserstoff, und in einem zweiten Versuch in ausgekochtem und mit Wasserstoff gesättigtem Wasser athmen. Die Fische ertrugen den Wasserstoff sehr schlecht und starben nach läng-

stens fünf Stunden. Sie hatten nie auch nur „ein Atom Hydrogen“ in ihrer Blase.

Ein Jahr vor ihren Experimenten hatte Erman in einem höchst interessanten Briefe an Gilbert, den Herausgeber der *Annalen der Physik*, in wenigen Zeilen über folgende Versuche berichtet: Er hat Fischen mit Luftgang den Bauch und die Schwimmblase geöffnet, das Gas ausgelassen dann die Wunden genäht und die Fische in's Wasser zurückgesetzt. Nach einiger Zeit waren die Wunden vernarbt und die Blase wieder mit Luft gefüllt. Der Brief schliesst mit folgenden Worten: „Ich habe bereits Analysen von der Gasart in derselben, die wohl ein Unicum ist.“

Diese Analysen wurden nie veröffentlicht, und vor Moreau ist meines Wissens nicht mehr an der Schwimmblase experimentirt worden, um die Herkunft der in derselben enthaltenen Gase aufzuklären.

Seit Delaroche hatte die Hypothese von der directen Herkunft der Gase aus dem Wasser an Boden verloren. Es wurde angenommen, dass nur die Luft in der offenen Schwimmblase aus dem Wasser stamme, in der geschlossenen aber sollte sie eine Ausscheidung der rothen Körper sein, welche letzteren nur der geschlossenen Schwimmblase zugeschrieben wurden.

Diesen Glauben zerstörte Joh. Müller, indem er nachwies, dass die rothen Körper in offenen wie in geschlossenen Schwimmblasen ebensowohl vorkommen als fehlen können.

Er selbst nahm deshalb an, dass die Gase von den rothen Körpern ausgeschieden wurden, wo solche vorhanden seien, und von der Wand der Schwimmblase, wo sie fehlen.

Den stärksten Beweis für die Ausscheidung der Gase von den Wänden der Schwimmblase lieferten anscheinend die zahlreichen Analysen dieser Gase, die zuerst systematisch von Biot und Configliachi gemacht wurden, obgleich sie schon Vorläufer in Priestley, Fourcroy u. A. haben.

Aus diesen Analysen ging hervor, dass der Procentgehalt des Sauerstoffs in der Schwimmblase ganz überraschend mit der Tiefe des Wassers gewinnt, in der die Fische leben.

Da er im Wasser nur in viel geringerem Procentsatz vorhanden ist, wurde eben geschlossen, dass nur die Fische selbst ihn liefern könnten. Erst Moreau formulirte die Bedingungen klar, unter denen der Sauerstoff in der Schwimmblase zunimmt; sobald der Fisch genöthigt wird, sein Volumen zu vergrössern, steigt der Sauerstoffgehalt in seiner Schwimmblase.

Wird der Fisch dadurch, dass ihm die Blase geleert wird, gezwungen, seinen ganzen Gasvorrath zu erneuern, so thut er dies mit fast reinem Sauerstoff.

Moreau schloss daraus, dass dieser Sauerstoff von den Wänden der

Schwimmblase selbst herstamme, da nicht einzusehen ist, wie er aus dem Wasser bezogen werden kann.

Zur Erhärtung dessen, dass der Sauerstoff selbst bei Fischen mit Luftgang aus der Blase stamme, brachte er eine Glocke, mit Wasserstoff und Sauerstoff gefüllt, über das Gefäss, in dem einige Cyprinus schwammen. Nach mehreren Tagen untersuchte er sie: „on ne trouve jamais d'hydrogène dans la vessie, à moins qu'on ait au préalable vidé le réservoir gazeux par le jeu de la pompe pneumatique.“ [1]

Hr. Professor E. du Bois-Reymond war so gütig, mich auf die merkwürdigen Ergebnisse der Moreau'schen Untersuchungen aufmerksam zu machen.

Meine erste Versuchsreihe giebt Antwort auf folgende Fragen:

Sind die Fische fähig, ein Gas zu schlucken und in die Schwimmblase zu befördern, welches sich nicht in ihrer gewöhnlichen Atmosphaere findet?

Sind sie fähig, dasselbe Gas aus dem Wasser auszuscheiden und die Schwimmblase damit zu füllen?

Die erste Frage ist schon von Moreau beantwortet worden. Ich berühre sie deshalb nur mit wenigen Worten und beschreibe bei der Gelegenheit den Apparat, dessen ich mich theilweise auch späterhin bediente.

Die Versuche sind an Carassius auratus und zuletzt an Leuciscus angestellt worden, die beide einen Luftgang der Schwimmblase besitzen.

C. auratus hat, wie bekannt, eine Schwimmblase, die ungefähr zwischen dem zweiten und dritten Fünftheil ihrer Länge so eingeschnürt ist, dass sie zwei untereinander communicirende Säcke bildet. Diese Säcke sind übrigens so unabhängig von einander, dass man ganz gut einen oder den anderen entleeren kann. Es geht sogar wenig oder kein Gas verloren, wenn sie durch einen Schnitt getrennt werden. Doch glaube ich nicht, dass diese Unabhängigkeit durch den von Joh. Müller beschriebenen Sphinkter verursacht wird. Das elastische Gewebe der Blase ist ganz vorzüglich geeignet, ihr zugefügte Verletzungen sogleich zu verkleben. Auch die mit dem Trocart gemachten Wunden schliessen sich schnell, und selbst, wenn man den Luftgang dicht an seinem Austritt von der Blase abschneidet, tritt nur wenig Luft aus, trotzdem ich in der Schwimmblase von C. auratus stets einen höheren Druck als den der Atmosphaere gefunden habe.

Die Blase wurde nach dem Vorgange Moreau's mit dem Trocart, bei kleinen Fischen mit einer Pravaz'schen Spritze geleert.

Ich hielt die Fische bei meinen ersten Versuchen in ausgekochtem

---

[1] *Revue scientifique.* Paris 1879. La vessie natatoire des Poissons. p. 392.

Wasser, was sich später als unnöthig erwies. Ich glaubte nur so sie zwingen zu können, sich den ihnen gebotenen Wasserstoff anzueignen.[1]

Der operirte Fisch wurde in einen Glasballon gebracht, in dem das Wasser vorher ausgekocht wurde. Der Hals des Ballons, gerade gross genug, um den Fisch durchzulassen, war mit einem Gummipfropfen und Quecksilber verschlossen und von zwei mit Glashähnen verschlossenen Glasröhren durchbohrt.

Eine der beiden Röhren, die ungefähr bis zur Mitte des Ballons reichte, führte einen starken Wasserstoffstrom zu; die zum Abzug der Gase bestimmte Röhre war gerade gross genug, um den Gummipfropfen zu durchsetzen.

Das Wasser wurde durch einen continuirlichen Wasserstoffstrom, der zwischen der Oberfläche des Wassers und dem Pfropfen eine Atmosphaere von einigen Centimetern bildete, gesättigt gehalten.

Grosse Rücksicht ist auf die völlige Reinheit des Wasserstoffs zu nehmen. Sobald er durch Schwefelwasserstoff oder sonstige, in dem mittels Schwefelsäure und Zink erzeugten Wasserstoff häufige Beimischungen verunreinigt ist, zeigen die Fische die von Humboldt und Provençal beschriebenen Erscheinungen, die jedenfalls an dem Misslingen ihrer Versuche Schuld waren.

Wenn der Fisch nur Gas aus einer Blase verloren hat, fällt er nicht zu Boden, sondern schwimmt in verticaler Haltung, wie sie Monoyer an Fischen schildert, je nachdem er ihnen die Brust- oder die Analflossen abgeschnitten hatte. Ist die nach dem Schwanze zu gelegene Blase geleert, so steht der Fisch vollständig vertical, und zwar mit dem Kopf nach oben.

Ist die vordere Blase geleert, so steht er in der Diagonale mit dem Kopfe nach unten.

Wahrscheinlich füllt der Fisch, dem Gas aus beiden Blasen gelassen ist, zuerst die vordere, da er nach kurzer Zeit vertical, mit dem Kopfe nach oben gerichtet ist.

Diese Zwangsstellung ist übrigens nur deutlich zu beobachten, wenn der Fisch nach der Operation in sauerstofffreies oder verdorbenes Wasser gesetzt wird, oder wenn ihm bei der Operation die Eingeweide verletzt wurden. Ist der Fisch ganz gesund und in einer normalen Umgebung, so versteht er es, durch zweckmässig combinirtes Flossenspiel sich sehr bald wieder in der normalen Lage zu bewegen.

---

[1] Dass Fische es in ausgekochtem Wasser viel länger aushalten, als für möglich gehalten wird, unter der Bedingung, dass ihnen die ausgeathmete Kohlensäure entzogen wird, wusste ich durch nicht veröffentlichte Versuche, die ich auf den Vorschlag und unter der Leitung des Hrn. Professor Hugo Kronecker ausgeführt habe.

Erster Versuch: Ein Fisch von 63 grm wird in den Ballon gebracht, nachdem ihm ungefähr 10 ccm Gas entzogen worden sind. Er fällt zu Boden, hat starke Dyspnoë und erreicht die Oberfläche nur auf Augenblicke mit grosser Anstrengung und Schlangenbewegung. An der Oberfläche saugt er eifrig Wasserstoff.

Nach ungefähr $3^1/_2$ Stunden schwimmt er ohne Flossenbewegung wie ein Kork auf dem Wasser und kann nur mit der grössten Anstrengung unter Wasser gehen, woselbst er sich jedoch nicht halten kann. Nach einiger Zeit kann er die Oberfläche des Wassers überhaupt nicht mehr verlassen. Nach 12 Stunden wird er getödtet; das Gas seiner wiedergefüllten Schwimmblase detonirt sehr stark im Eudiometer ohne Zusatz von Sauerstoff.

Der Fisch hatte also, ohne den in der Blase verbliebenen Sauerstoff zu verbrauchen, dieselbe mit Wasserstoff gefüllt.[1]

Dies Experiment würde noch nicht gegen die Sauerstoffabscheidung in der Blase sprechen. Der Fisch, nach der Operation für das Wasser zu schwer geworden, verschluckte eben das Gas, welches er an der Oberfläche fand, um schnell wieder flott zu werden.

Zweiter Versuch: Ohne den Apparat sonst zu verändern, wurde die den Wasserstoff zuleitende Röhre derartig mit einem trichterförmigen Metallnetz umgeben, dass der Fisch weder die Wasserstoffatmosphaere, noch die aus der Röhre tretenden Gasblasen erreichen konnte.

Ein Fisch von 155 grm ebenso operirt wie der oben beschriebene, verhält sich zuerst ebenso. Er versucht, mit Schlangenbewegungen die Oberfläche zu erreichen und hält sich schliesslich vertical.

Nach $2^1/_2$ Stunden sinkt er aber zu Boden und steigt nur noch selten nach oben.

Nach 36 Stunden bleibt er ganz am Boden, athmet selten und spreizt dabei Maul und Kiemendeckel auf so weit er kann. Die Kiemen sind dunkel.

Dem Ersticken nahe, wird er nach 71 Stunden getödtet. Sein Gas explodirt nur mit Zusatz von Sauerstoff. Es ist nicht wahrscheinlich, dass er ganz ohne Gas in das Wasser gebracht wurde, sondern vielmehr anzunehmen, dass er den ihm verbliebenen Sauerstoff verbraucht hat.

Dieser Versuch wurde mehrfach mit stets gleichem Erfolg wiederholt.

---

[1] Es ist natürlich nicht möglich, mittels der Trocartmethode das Gas völlig aus der Blase zu entfernen. Ich habe mich als Maass eines Fisches von der mittleren Grösse der mir zu Gebote stehenden bedient, der nach seinem Tode circa 10 ccm Gas in der Blase hatte.

Bei dem letzten Versuche wurde das Schwimmblasengas, ziemlich unvollkommen, ohne Kathetometer analysirt, und ergab:

Wasserstoff	3·30 ccm
Stickstoff	3·70 ccm
Kohlensäure . . .	0·10 ccm

Dieser Versuch beweist, dass der Fisch nicht nur fähig ist, seine Schwimmblase mit dem Gase zu füllen, welches er an der Oberfläche schlucken kann, sondern, dass er sie auch mit dem im Wasser gelösten Wasserstoff füllen kann. Das wurde von Humboldt und Provençal geleugnet und ist nachher meines Wissens überhaupt nicht mehr in Frage gezogen.

Giebt es einen wirklichen Gasaustausch zwischen der Blase der Fische und den im Wasser gelösten Gasen, oder nimmt der Fisch nur Gas auf wenn er durch Entleerung seiner Schwimmblase gezwungen wird, sein Volumen zu vergrössern?

Ist er befähigt, unter den ihm gebotenen Gasen eine Auswahl zu treffen, oder füllt er die Blase unterschiedslos mit ihnen?

Folgender Versuch beantwortet diese Fragen:

Der oben beschriebene Apparat wird beibehalten; nur an Stelle des Glasballons wird ein oben offenes gläsernes Aquarium gesetzt. Auf dem Boden desselben öffnen sich zwei Röhren, von denen die eine atmosphaerische Luft, die andere Wasserstoff zuführt. Beide Gasströme sind während der Dauer des Versuchs in fortwährender Thätigkeit. Ein verticaler Cylinder aus Metallnetz umgiebt die Ströme derartig, dass der Fisch verhindert wird, zu den Gasblasen zu gelangen. Ein horizontales Metallnetz hält ihn von der Oberfläche fern.

Unter dies Metallnetz wird ein Leuciscus (mit Luftgang der Schwimmblase) gebracht, dem das Maul durch ein mit Paraffin getränktes, in den Rachen gestossenes Korkstück dauernd aufgesperrt erhalten wird.

Der Fisch, durch den Kork zu leicht geworden, steigt sofort auf und bleibt vertical unter dem Netz. Nach zwei Stunden geht er mit grossen Muskelanstrengungen nach unten, der Kork treibt ihn wieder nach oben. Er bleibt jedoch, trotzdem natürlich der Kopf mit dem Kork leichter ist, als der Körper, jetzt mit dem Kopfe schräg nach unten.

Nach 20 Minuten kehrt er seine Lage wieder um und steht schliesslich horizontal. Den Grund dieser Verlegung des Gleichgewichtes weiss ich nicht anzugeben. Dass der Fisch zuerst gezwungen ist vertical zu stehen, und zwar mit dem Kopfe nach oben, hängt natürlich von dem Kork ab. Dass er aber nachher seine Lage fast umkehrt und schliesslich horizontal steht, ist nicht zu begreifen, besonders da man nach den Versuchen von

Charbonnel-Salle[1] nicht mehr annehmen kann, dass der Fisch fähig ist, wie Joh. Müller aus anatomischen Gründen schliesst, sein Gas freiwillig aus einem Sack der Schwimmblase in den anderen zu drängen.

Nach 72 Stunden wird der Fisch getödtet. Seine an den Bewegungen der Kiemendeckel gezählten Athemzüge schwankten vom Beginn bis zum Ende des Versuches zwischen 80 und 85. Sie schienen übrigens etwas tiefer als gewöhnlich zu sein.

Die Gase der Schwimmblase explodirten heftig im Endiometer. Die Blase enthielt also jedenfalls ausser Sauerstoff eine beträchtliche Menge Wasserstoff.

Der Fisch, der schon durch den Kork zu leicht für das Wasser war, hatte nur Grund Gas auszustossen, wozu er augenscheinlich nicht im Stande war, aber gar keinen Grund, Gas aus dem ihn umgebenden Wasser zu entnehmen, wie er that.

Es existirt demnach ein Austausch zwischen Gasen in der Schwimmblase und denen im Wasser, der sich unabhängig von den Bedürfnissen des Fisches vollzieht.

Auf die zweite Frage giebt dieser Versuch insofern Antwort, als er beweist, dass der Fisch nicht den Sauerstoff einem der Respiration fremden Gase, wie es der Wasserstoff ist, vorzieht, sondern letzteren in beträchtlicher Menge aufnimmt.

Durch vorstehenden Versuch wird übrigens eine Hypothese Erman's widerlegt. Erman nimmt nämlich an, dass die Fische bei der Inspiration einen luftleeren Raum im Maule herstellen, in den bei schnellem Oeffnen Luftbläschen gezogen werden. Der Tod der Fische, wenn sie mit aufgesperrtem Maule unter strömendes Wasser gehalten werden, soll von ihrer Unfähigkeit herrühren, diese ihnen zum Athmen nöthigen Luftbläschen zu erzielen.

Die bis jetzt beschriebenen Versuche wurden mit Fischen angestellt, deren Schwimmblase im Besitz eines Luftganges ist.

In den folgenden wird das Verhalten der Fische mit geschlossener Blase geschildert, die ganz besonders Anlass zu der Lehre von der Secretion der Gase von der Wand der Blase gegeben haben.

Die Blase dieser Fische stellt einen völlig geschlossenen Sack dar, der die allerverschiedensten Formen annehmen kann.

Mugil cephalus, mit dem ich fast ausschliesslich experimentirte, hat

[1] Fonctions hydrostatiques de la vessie natatoire. *Annales des Sciences naturelles.* 1887. vol. II. p. 305.

eine Blase, die den Körperwänden eng anliegt, so dass sie nur schwer losgetrennt zu werden vermag.

Nach den Baucheingeweiden zu bildet sie ein straffgespanntes Diaphragma, welches auch dann nicht zusammenfällt, wenn man ein Loch in die Blase bohrt. Das Straffbleiben des Diaphragma's hängt eben davon ab, dass die Schwimmblase an den Seiten der Rippen des Fisches fest anliegt. Dies hat übrigens nicht, wie man annehmen könnte, eine absehbare Bedeutung für die Beförderung der Gase in die Schwimmblase, da sich auch unter den Fischen mit geschlossener Blase der Typus des Carassius auratus findet, dessen Schwimmblase frei in die Bauchhöhle ragt und zusammenfällt, sowie das Gas ausgelassen wird.

Für die folgenden Versuche wandte ich den oben beschriebenen Apparat an.

Die Messung der Gase geschah nach der Bunsen'schen Vorschrift mit allen Vorsichtsmaassregeln.

Nicht nur das zu den Messungen dienende Knallgas, sondern auch Sauerstoff und Wasserstoff wurden elektrolytisch in besonderen Apparaten hergestellt, deren Beschreibung ich mir vorbehalte.

Da mir nur Seefische mit geschlossener Luftblase zur Verfügung standen, die in dem relativ kleinen Aquarium nicht lange normal blieben in den wenigen Fällen, in denen sie vollständig normal hineingesetzt wurden, stellte ich zuerst einige Controlversuche mit Süsswasserfischen an, aus denen hervorgeht, dass sich die kranken Fische in Bezug auf den Gasaustausch qualitativ nicht anders verhalten, als die gesunden.

Datum		Temperatur C⁰	Dauer des Versuchs	H %	O %	N %	
19. Mai	IV	19·2⁰	23 St. 5′	5·86	17·86	76·44	Leuciscus
20. Mai	V	19·2⁰	48 St.	8·21	7·69	84·10	„
21. Mai	VI	19·4⁰	74 St. 30′	9·19	28·79	57·46	„
10. Juni	VII	22·7⁰	29 St.	5·46	11·12	83·42	Leuciscus
12. Juni	VIII	22·0⁰	48 St.	2·95	33·04	64·01	„
14. Juni	IX	22·6⁰	103 St. 45′	6·62	14·42	79·96	„
16. Juni	XI	22·4⁰	153 St. 15′	4·77	—	—	Cyprinus
17. Juni	XII	22·0⁰	153 St. 15′	8·64	—	—	Leuciscus

Von den Versuchen, deren Ergebnisse aus obiger Tabelle ersichtlich sind, wurden IV, V, VI an vollständig gesunden Thieren angestellt, die

anderen hingegen an Fischen, die nach den ersten 24 Stunden ihres Aufenthaltes im Aquarium krank wurden, wahrscheinlich des allzu warmen Wassers wegen, in dem grosse Massen von den Fischen abgelegter Eier schnell verdarben.

Wie man sieht, ist der Unterschied nicht qualitativ. Sowohl die gesunden wie die kranken Fische weisen Wasserstoff in der Schwimmblase auf. Nur ist der Vorgang bei den kranken Fischen entschieden verlangsamt.

Hervorzuheben ist hier, dass die Leuciscus nicht asphyktisch starben.

Obgleich nämlich bei kranken Fischen der Gasaustausch verlangsamt ist, wird er bei asphyktischen Fischen ausserordentlich beschleunigt.

Der erste Fisch (Mugil cephalus), mit dem ich experimentirte, wurde mir in einem so kleinen Gefäss gebracht, dass er sich weder bewegen noch frei athmen konnte. Er hatte ganz dunkle Kiemen und bereits Rückenlage.

In das Aquarium gebracht, erholte er sich auf kurze Zeit. Da er mit der Oberfläche frei communiciren konnte, liess er eifrig durch Maul und Kiemen die aufsteigenden Gasblasen gehen. Der Fisch starb nach 12 Stunden. Aus der Schwimmblase wurden ihm 14 ^{ccm} Gas entnommen, von denen 70·21 Procent Wasserstoff waren, der Rest Stickstoff.

70·21 Procent in 12 Stunden ist ein überraschendes und bei normalen Fischen nicht vorgekommenes Ergebniss. Es scheint, dass auch dem Fische mit geschlossener Schwimmblase der directe Contact mit den Gasen zu deren Aufnahme behülflich ist, und dass der Erstickungszustand ihn zu einer schnelleren Einnahme der Gase reizt, wie das auch die Entleerung der Schwimmblase thut.

Bei den folgenden Versuchen wurden die Fische durch Metallnetze von jeder Berührung mit den aufsteigenden Gasblasen ferngehalten.

Zwei Motella (ohne Luftgang der Schwimmblase), die ich dem Aquarium der zoologischen Station in Neapel verdanke, starben nach $4^1/_2$ stündigem Aufenthalte im Aquarium. Die Gase ihrer Schwimmblasen explodirten ohne Zusatz im Eudiometer.

$4^1/_2$ Stunden ist die kürzeste Zeit, nach der ich Wasserstoff in der Schwimmblase nachweisen konnte.

Da die Fische eines natürlichen Todes gestorben waren, kam mir der Zweifel, ob sich in der Blase vielleicht bei beginnender Zersetzung Fäulnissgase bildeten. Die Wahrscheinlichkeit war sehr gering, da die Fische eben erst gestorben waren.

Ich machte jedoch der Sicherheit wegen zahlreiche Versuche mit in Fäulniss begriffenen Fischen. Die unter Magen und Darmcanal gelegene Schwimmblase zerfällt gleich zuerst. So lange sie noch den Druck der Gase aushält, zeigen diese selbst nicht die Spur eines explosiven Gemisches.

Dies war übrigens nach den einschlägigen Versuchen von Configliachi[1] und Friedrich Schultze[2] vorauszusehen.

Die folgenden Analysen wurden an Mugil cephalus angestellt, die ebenso wie Motella an der Berührung mit den Gasblasen und der Oberfläche des Wassers verhindert wurden.

Datum		Temperatur C°	Dauer des Versuchs	H%	O%	N%	
12. Mai 1886	II	—	13 St.	3·18	—	—	Mugil cephalus
22. Febr. 1887	XIII	5·7°	16 St. 40′	2·21	35·17	—	
22. Febr.	XIV	7·5°	17 St. 45′	7·97	—	—	
23. Febr.	XV	7·5°	39 St.	8·31	3·18	88·51	
28. Febr.	XVI	7·5°	37 St.	16·78	1·76	81·46	
8. März	XVII	12·0°	168 St.	85·20	1·34	13·46	

Die Ergebnisse vorstehender Untersuchung sind kurz gefasst folgende:

Der im Wasser gelöste Wasserstoff dringt sowohl in die offenen als in die geschlossenen Schwimmblasen der Fische.

Das Eindringen des Wasserstoffes hängt nicht vom physiologischen Zustande der Fische ab, da sich in der Schwimmblase jedes Fisches, der drei bis vier Stunden in wasserstoffhaltigem Wasser geblieben ist, Wasserstoff findet.

Die Wasserstoffaufnahme wird beschleunigt, wenn der Fisch asphyktisch ist, oder wenn er das Bedürfniss hat, sein Volumen zu vergrössern.

Die directe Berührung mit den Gasen beschleunigt in diesen Fällen die Füllung der Blase.

[1] *Sull'analisi dell'aria contenuta nella vesc. nat. dei pesci.* Pavia 1809.

[2] Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1871. Bd. V. S. 48.

Ueber künstliche Athmung.

Von

J. Rosenthal.

Die Methoden der künstlichen Athmung sind in den letzten Jahren vielfach verbessert worden. Trotzdem ist ein Apparat, welcher dieselbe ohne grosse Hülfsmittel und ohne die Aufmerksamkeit des Experimentators in Anspruch zu nehmen, in einfacher und zuverlässiger Weise besorgt, nicht als überflüssig anzusehen. Ich habe einen solchen in diesem Archiv 1885 S. 400 beschrieben. Da ich ihn aber bei weiterem Arbeiten mit demselben wesentlich umgestaltet und verbessert habe, so will ich die neue Form, welche er nunmehr erhalten hat, hier nochmals beschreiben und über einige mit ihm angestellte Versuche berichten.

Fig. 1 stellt den Apparat im Ganzen, Fig. 2 den wesentlichsten Theil desselben in grösserem Maassstabe im Durchschnitt dar. Er besteht aus dem kleinen Motor *M*, der Luftpumpe *L* und der Ventilvorrichtung *V*. Der Motor, welcher durch den Luftdruck in Bewegung gesetzt wird, hat nur den Zweck, die Ventile in regelmässiger Weise so zu stellen, dass den Lungen abwechselnd Athmungsluft zugeführt bez. dieselben mit der äusseren Luft in Verbindung gesetzt oder von ihr abgesperrt werden.

Die Luftpumpe *L* ist eine Doppelpumpe und besteht aus zwei, in dasselbe Gehäuse eingeschlossenen Bunsen'schen Wasserstrahlpumpen, deren Luftströme aber völlig von einander getrennt sind. Die eine dieser Pumpen saugt Luft durch den Rohrstutzen *A* an und treibt dieselbe durch den Stutzen *C* aus. Der Druck, unter dem dies geschieht, kann durch den Hahn *h* innerhalb gewisser Grenzen regulirt werden.

Durch die Wirkung dieser Pumpe wird die Luft in dem Hohlraum von *M* verdünnt. In Folge dessen drückt die atmosphaerische Luft den oberen nachgiebigen Boden von *M* nach innen. Dieser Boden wird nämlich

durch eine mit Glycerin getränkte Lederplatte gebildet. Die Mitte dieser Platte ist zwischen zwei Blechscheiben geklemmt und überträgt ihre Abwärtsbewegung auf die verticale Stange $S_1 S_2$, deren oberes Ende auf das

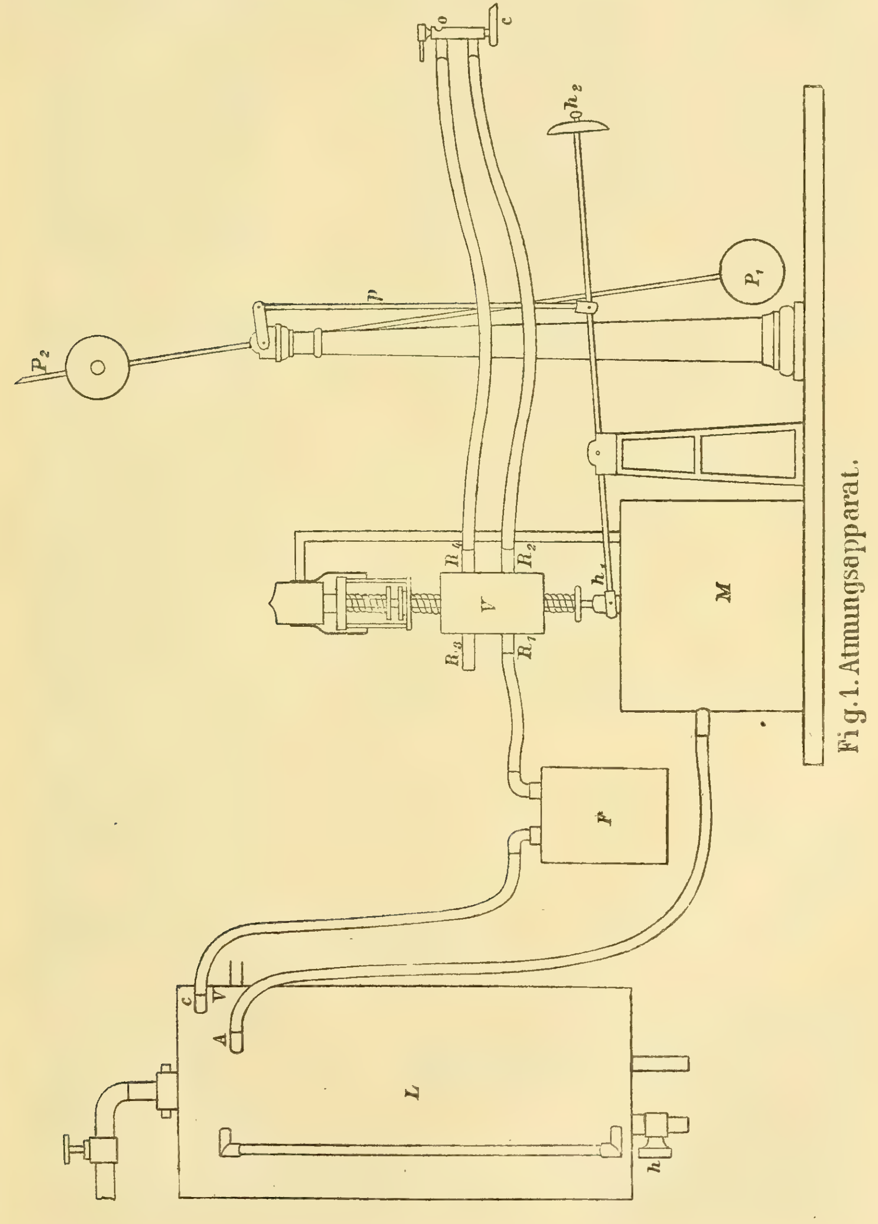


Fig. 1. Atmungsapparat.

Ventil r_1 wirkt. Dieses Ventil besteht aus der eigentlichen kreisrunden, horizontalen Ventilplatte v_1 und dem an ihr befestigten Rahmen r_1 r_2; die verticalen Schenkel dieses Rahmens haben Führung zwischen den Federn f_1 und f_2, so dass sie in verticaler Richtung verschiebbar sind. Eine Spiralfeder sp_1 drückt die Ventilplatte nach oben gegen die nach abwärts gekehrte Mündung des Rohres R_5 R_6. Bei der Abwärtsbewegung der Stange S_1 S_2 nimmt aber die Schraubenmutter s_1 den Rahmen mit und öffnet so das Ventil.

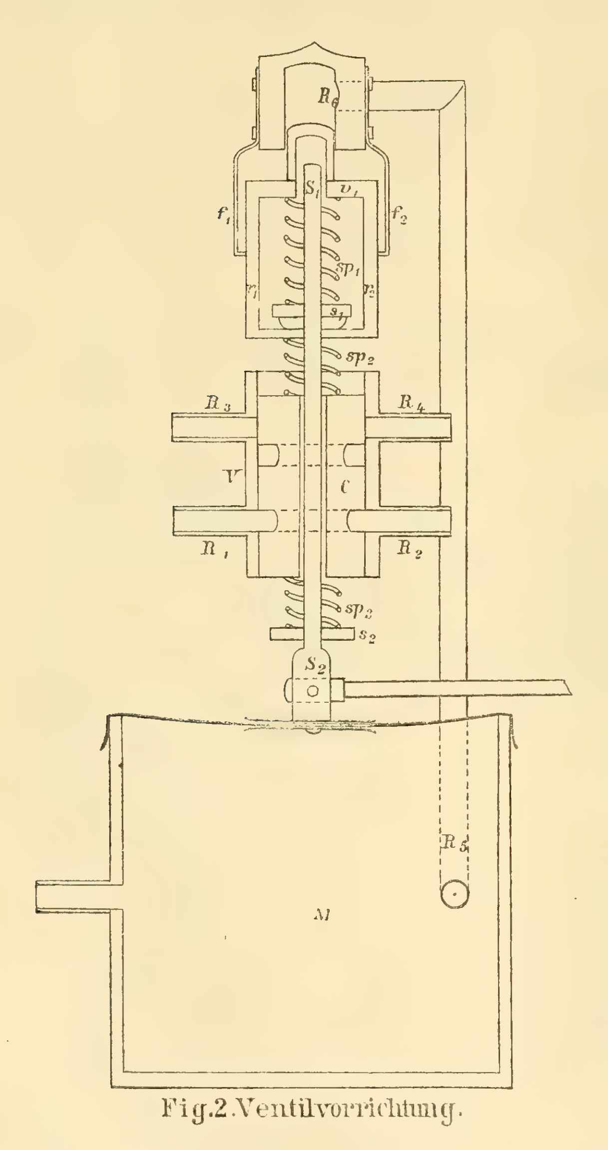


Fig.2. Ventilvorrichtung.

Sobald dies geschehen, dringt die atmosphaerische Luft durch das Rohr R_5 R_6 in den Hohlraum von M, die Lederplatte kann wieder nach oben gehen, was durch das Uebergewicht bei h_2 bewirkt und durch die Schwingungen des Pendels P_1 P_2 geregelt wird. Hierdurch wird das Rohr R_5 wieder geschlossen und die Luftpumpe kann wieder wirken.

Um dieses Spiel des Motors zu sichern und zugleich die Zeitdauer der Bewegung zu regeln, steht die Stange S_1 S_2 mit dem Hebel h_1 h_2 und durch diesen und eine Bläuelstange p mit dem Pendel P_1 P_2 in Verbindung. Durch die Einstellung der Laufgewichte an

diesem Pendel kann man das Spiel des Apparates so regeln, dass zwischen 3 und 30 Schwingungen in einer Minute ausgeführt werden.

Mit jedem Auf- und Niedergange der Stange $S_1 S_2$ wird auch die Ventilvorrichtung V in Bewegung gesetzt. Dieselbe besteht aus dem Cylinder C, welcher innerhalb eines Rohres, in dem er mit leichter Reibung beweglich ist, auf und nieder gleitet. Seine Bewegungen sind durch zwei, am oberen und unteren Rohrende eingelassene, nach innen vorragende Stifte begrenzt, so dass der Cylinder innerhalb des Rohres, ähnlich der Schiebersteuerung einer Dampfmaschine hin und hergeht, wobei er in seinen Grenzlagen immer zeitweise still steht. In den Cylindermantel sind zwei Rinnen eingedreht. Bei der einen Stellung des Cylinders, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist, vermittelt die untere dieser Rinnen die Verbindung zwischen den Röhren R_1 und R_2; die Röhren R_3 und R_4 dagegen sind abgesperrt. Wird C gehoben, so werden R_1 und R_2 abgesperrt, wogegen R_3 und R_4 in Verbindung gesetzt werden. Die Uebertragung der Bewegung von S auf C wird durch die Stellschraube s_2 und die Spiralfedern sp_2 und sp_3 vermittelt.

Soll der Apparat in Gang gesetzt werden, so verbindet man die Röhren R_2 und R_4 durch Gummischläuche mit der Trachealcanüle und eine der Röhren R_1 oder R_3 mit der Pumpe. In unserer Fig. 1 ist die Verbindung mit der Röhre C für comprimirte Luft dargestellt. Die zwischengeschaltete Flasche F sorgt dafür, dass etwa übertretendes Wasser in ihr zurückbleibt. Diese Vorsicht ist zwar in der Regel überflüssig, aber doch der Sicherheit wegen zu empfehlen. Ausserdem sorgt eine solche Flasche, weil in ihr immer ein Vorrath von comprimirter Luft enthalten ist, für gleichmässigere Wirkung des Apparates. Auch kann man mit ihr ein Manometer verbinden, um den Druck der Luft zu kennen, welcher auf die Lunge wirkt.

In dem hier dargestellten Falle würde die Arbeit des Apparates sich in folgender Weise gestalten. Die in L comprimirte Luft gelangt durch $F_1 R_1$ und R_2 zur Lunge; da R_4 abgesperrt ist, wird die Lunge aufgeblasen. Kurz darauf wird R_2 abgesperrt, R_4 geöffnet, und die Lungenluft entweicht durch R_4 und R_3, Dieses Spiel wiederholt sich je nach der Einstellung der Gewichte am Pendel schneller oder langsamer; der Druck der Luft kann durch Stellung des Hahnes h geregelt werden.

Verbindet man dagegen die Flasche F statt mit C mit V, so wirkt die Pumpe ansaugend auf die Lungenluft; bei der unteren Stellung des Ventils wird die Lungenluft verdünnt und so viel Luft aus ihr abgesogen, als die Elasticität der Thoraxwandungen gestattet; geht dann das Ventil in die Höhe, so tritt durch die Röhren $R_3 R_4$ atmosphaerische Luft in die Lunge ein.

Endlich kann man beides verbinden, indem man die Flasche F in Verbindung mit C lässt, aber gleichzeitig eine Verbindung zwischen V und

der Röhre R_3 herstellt. In diesem Falle dringt bei der unteren Stellung des Ventils comprimirte Luft in die Lunge ein, und bei der oberen Stellung des Ventils wird die Lunge mit einem Raum verbunden, in welchem ein negativer Druck herrscht. Die Ausgiebigkeit des Luftwechsels ist somit eine viel grössere.

In allen Fällen ist dafür gesorgt, dass die aus der Lunge stammende Luft nicht wieder in dieselbe zurückgelangen kann. Denn die beiden in L befindlichen Wasserstrahlpumpen sind vollkommen von einander getrennt. Die aus C entweichende comprimirte Luft wird durch A angesogen; sie hat vorher zur Bewegung der Ventile gedient und wird durch Zimmerluft ersetzt, welche bei dem Spiel des oberen Ventils v_1 durch R_5 R_6 stossweise nachrückt. Die durch v angezogene Luft aber entweicht unbenutzt aus L.

Damit der Apparat richtig functionire, muss die Lunge luftdicht mit der Ventilationsvorrichtuug verbunden sein. Das geschieht durch die in die Trachea eingebundene Canüle c. Diese Canüle ist aber oben mit einer Seitenöffnung o versehen, welche durch einen Hahn abgeschlossen ist. Oeffnet man diese, so steht die Lunge mit der Zimmerluft in Verbindung, und das Spiel des Apparates wirkt nicht auf dieselbe.

Soll statt atmosphaerischer Luft ein anderes Gas geathmet werden, so benutzt man die Luftpumpe L (oder statt ihrer irgend eine andere, genügend kräftige Wasserstrahlpumpe) nur zur Bewegung der Ventilvorrichtung und verbindet die Röhre R_1 mit dem das Gas enthaltenden Gasometer, aus welchem es dann unter passendem Druck in die Lunge gelangt, sobald das Ventil die untere Stellung einnimmt, während die Ausathmungsluft durch R_4 R_3 entweicht, sobald das Ventil in die obere Stellung gelangt. Soll aber die Ausathmungsluft aufgefangen werden, so verbindet man R_3 mit einem Gasometer. Als solches empfiehlt es sich eine tubulirte, mit concentrirter Salzlösung gefüllte Flasche zu verwenden (eine sogenannte Mohr'sche Flasche), aus welcher die Salzlösung durch eine zweimal rechtwinkelig gebogene Glasröhre abfliesst, durch deren Drehung man den Druck in der Flasche sehr genau reguliren kann.

Der Apparat [1] wirkt, wenn er einmal in Gang gesetzt ist, sehr regelmässig viele Stunden lang und bedarf gar keiner Aufsicht. Der Wasserverbrauch ist ein geringer und die Pumpen sind so eingerichtet, dass sie keinen starken Wasserdruck erfordern. Ich habe den Apparat bei den verschiedensten Versuchen über Athmung, Blutdruck u. s. w. in der Vorlesung und im Laboratorium benutzt; ich habe z. B. bei curarisirten Kaninchen viele Stunden lang die künstliche Athmung mit ihm unterhalten. Ich

[1] Derselbe kann, mit oder ohne Doppelpumpe, von dem Mechaniker des Erlanger physiologischen Instituts, Hrn. Richard Hennig, bezogen werden.

habe ihn auch für Katzen und kleinere Hunde brauchbar gefunden. Ob er aber in der von mir angewandten Grösse für grössere Hunde ausreicht, vermag ich nicht zu sagen; ich vermuthe, dass er dazu in grösserem Maassstabe wird ausgeführt werden müssen.

Als Beispiel der Wirkungsweise des Apparates theile ich einige Curven mit, welche die Erzeugung von Apnoë durch künstliche Athmung sowohl mit Saugen wie mit Druck darstellen. Die Athmung wurde in der von mir früher[1] beschriebenen Weise durch eine in den Oesophagus eingeführte und mit einer Marey'schen Schreibkapsel verbundenen Röhre aufgezeichnet; die Hebungen und Senkungen entsprechen also Schwankungen des intrathorakalen Druckes.

In Fig. 3 sehen wir zunächt vier natürliche Athmungen (bei offener Trachealcanüle) aufgezeichnet. Die inspiratorische Druckverminderung ist von einer etwas länger dauernden exspiratorischen Drucksteigerung gefolgt; dann kommt eine etwa ebenso lange dauernde Athmungspause, an deren Ende eine der nächsten Inspiration unmittelbar vorhergehende, sehr geringfügige active Exspirationsdrucksteigerung sich anschliesst. Beim Beginn der folgenden Inspiration wurde die rotirende Trommel angehalten und die künstliche Athmung eingeleitet. Nach einigen Minuten wurde die Trommel wieder in Gang gesetzt, so dass jetzt der Schluss der gerade vorhandenen Saugwirkung und noch zwei darauf folgende aufgezeichnet wurden.[2] Sodann wurde die Trachealcanüle wieder geöffnet: das Thier war vollkommen apnoisch. Während dieser Apnoë, welche etwa 18 Secunden anhielt, war der intrathorakale Druck anfangs ein wenig niedriger als während der normalen Athempause, stieg dann aber langsam zu diesem Normalwerth. Nach 18 Secunden zeigt sich eine schwache Andeutung einer inspiratorischen Bewegung. Diese werden allmählich deutlicher, erreichen aber erst nach längerer Zeit die Stärke, welche sie vor der künstlichen Athmung hatten.

Fig. 4 zeigt das Nämliche mit dem Unterschied, dass hier die Oeffnung der Trachealcanüle mitten in die dritte der dargestellten Saugwirkungen fällt, welche dadurch jäh unterbrochen wird. Die Schreibspitze steigt sofort in die Apnoëstellung, in welcher sie etwa 20 Secunden verweilt, wobei wiederum der intrathorakale Druck anfangs etwas niedriger ist und dann sanft steigt. Am Schluss der Apnoë beginnen wiederum die Athembewegungen ganz allmählich.

Fig. 5 *a* und 5 *b* zeigen die Wirkung der künstlichen Athmung mit

---

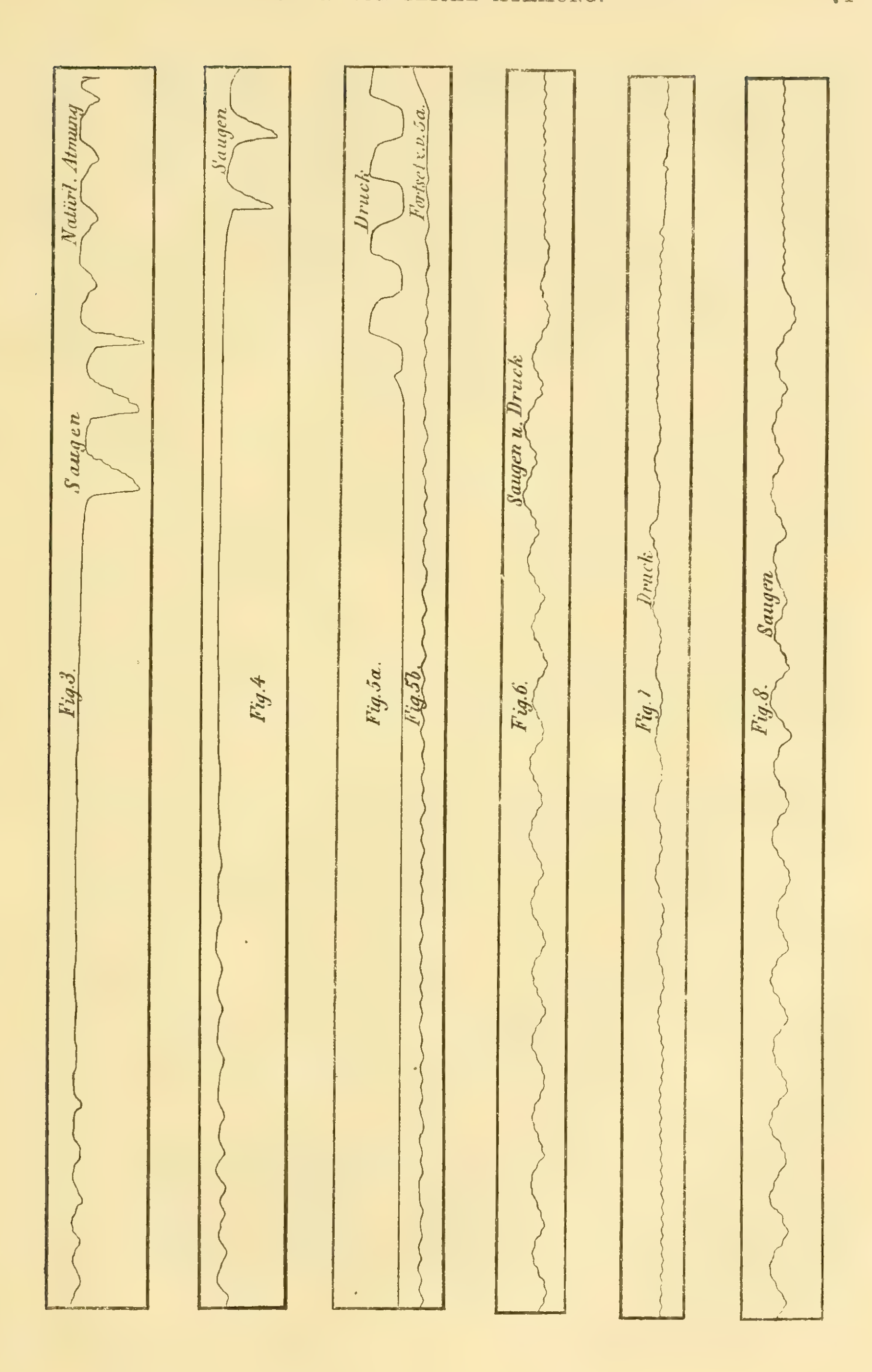
[1] Hermann's *Handbuch der Physiologie.* Abth. IV. Hft. 2. S. 226; — *Dies Archiv.* 1880. Suppl.-Bd. S. 36.

[2] Die kleinen Zacken der Curven rühren von Volumschwankungen des Herzens her.

Druck. Nachdem in der Curve Fig. 5 *a* erst vier durch den Apparat bewirkte Druckschwankungen durch Lufteinblasung aufgezeichnet waren, wurde bei Beginn der fünften die Trachealcanüle geöffnet und dadurch die Wirkung des Apparates unterbrochen. Die Apnoë dauert hier länger und setzt sich, nach Vollendung eines Trommelumgangs in den Anfang der Curve 5 *b* fort, welche unter der anderen gezeichnet ist, da die Trommel etwas gehoben wurde. Die Athembewegungen bleiben hier noch längere Zeit auffallend schwach. Während der Apnoë sinkt hier der intrathorakale Druck Anfangs ein wenig. Da er bei der Apnoë nach Saugung stieg, so zeigt dies, dass die künstliche Athmung in beiden Fällen eine freilich nur geringe Nachwirkung hinterlässt, welche den intrathorakalen Druck nach dem Saugen geringer, nach Druck etwas grösser macht. Die Lunge zeigt also, wie andere elastische Gewebe eine elastische Nachwirkung.

Als zweites Beispiel für die Wirkung des Apparats mögen dis Figg. 6 bis 8 gelten, welche den mittels eines Fick'schen Federmanometers aufgezeichneten Blutdruck darstellen. In Fig. 6 wurde die künstliche Athmung durch vereinte Saug- und Druckwirkung des Apparates begonnen. Man bemerkt, dass der mittlere Blutdruck im Allgemeinen höher ist als vorher und dass die Druckschwankungen im Lungenraum sich auch auf den Druck in der Aorta übertragen. In Fig. 7 wurde die künstliche Athmung nur durch Druck, in Fig. 8 nur durch Saugen bewerkstelligt. In diesem letzteren Falle sind die Schwankungen am stärksten ausgeprägt und die Gesammtwirkung ist im Allgemeinen eine Steigerung des mittleren Blutdruckes. Der Zusammenhang zwischen intrathorakalem Druck und Blutdruck ist ein so verwickelter, dass es schwer ist, die Wirkungen sicher zu deuten. So viel geht aber aus den Curven hervor, dass die künstliche Athmung durch Saugen oder durch abwechselndes Saugen und Drücken vortheilhafter auf die Arbeit des Herzens einwirkt als die künstliche Athmung durch Druck. Ich glaube deshalb, dass ersteres für viele Fälle den Vorzug verdient und dass es auch in mechanischer Beziehung den Verhältnissen der natürlichen Athmung näher kommt, als die künstliche Athmung mit Druck.

Bei der natürlichen Athmung schwankt der intrathorakale Druck nur innerhalb sehr enger Grenzen; er bleibt dabei auch während der Exspiration immer negativ, so lange die Stimmritze nicht sehr verengt ist. Wenn wir aber bei der künstlichen Athmung die Lunge durch comprimirte Luft aufblasen, so überträgt sich der angewandte Druck, vermindert um den elastischen Zug der Lungen, auf den intrathorakalen Raum und der Druck in diesem steigt; er kann sogar positiv werden, sobald der Druck, unter welchem die eingeblasene Luft steht, grösser ist als 40 bis 50 ^{mm} Wasser, oder 3 bis 4 ^{mm} Hg. Ein solcher abnormer Druck im Thorax muss aber die grossen Gefässe und das Herz unter ganz abnorme Verhältnisse setzen,


Natürl. Atmung
Saugen
Fig.3.
Saugen
Fig.4
Druck
Fortsetz. v. 5a.
Fig.5a.
Fig.5b.
Saugen u. Druck
Fig.6.
Druck
Fig.7
Saugen
Fig.8.

theils durch unmittelbare Einwirkung auf ihren Füllungszustand, theils durch mittelbare Einwirkung in Folge der veränderten Innervation. Wenn wir dagegen die künstliche Athmung durch eine Saugwirkung ausführen, so können wir ganz ähnliche oder gleiche Verhältnisse herstellen, wie sie bei der normalen Athmung vorhanden sind. Die Betrachtung von Fig. 3 und Fig. 4 zeigt, dass hier die künstliche Athmung nur dem Grade nach, nicht in ihrem Wesen von der natürlichen abweicht. Der intrathorakale Druck steigt hier niemals über den Werth, welchen er bei der Mittel- oder oder Ruhelage des Thorax hat und welcher, wie ich gezeigt habe,[1] ungefähr 3 bis 4 ^{mm} Hg unter dem Athmosphaerendruck liegt. Die Druckverminderung musste ausgiebiger sein, als bei der normalen Athmung, da es darauf abgesehen war, Apnoë zu erzeugen, also ein stärkerer Luftwechsel der Lungen wie bei der gewöhnlichen Athmung hergestellt werden musste. Will man dies nicht, sondern will man nur ungefähr gerade so tief athmen lassen, als bei der normalen Athmung, z. B. wenn man diese bei vollständiger Curarelähmung ersetzen will, so muss man die Saugwirkung entsprechend regeln.

Das ist nun bei unserem Apparat nicht so leicht, wie die Regelung des Ueberdrucks bei Anwendung der künstlichen Athmung mit Druck. Denn die letztere kann durch Stellung des Hahnes *h* innerhalb ziemlich weiter Grenzen abgestuft werden. Die Saugwirkung aber hängt hauptsächlich von dem Druck der Wasserleitung ab und kann durch Stellung des Wasserhahnes nur schwer regulirt werden, zumal wenn (wie dies bei unserer Pumpe der Fall ist) die beiden Pumpen vereinigt sind, so dass jede Stellung des Wasserhahnes auch gleichzeitig den Gang des Motors beeinflusst. In diesem Falle schalte ich zwischen v und R_3 ein T-Rohr ein, dessen offener Schenkel durch einen Schraubhahn beliebig verengt werden kann. Durch Einstellung dieses Hähnchens kann dann die Saugwirkung sehr fein abgestuft werden.

Wendet man die künstliche Athmung bei eröffnetem Thorax an, so kann sie selbstverständlich nur durch Druck erfolgen. In diesem Falle hat man aber auch keine Rücksicht auf den intrathorakalen Druck zu nehmen, sondern kann die Aufblasung der Lungen bis zu jedem passenden Grade, den man durch das Auge direct beobachten kann, durch Stellung des Hahnes *h* regeln.

Ich habe den Apparat auch benutzt, um künstliche Gasgemenge athmen zu lassen. Da aber die hierbei gewonnenen Erfahrungen vorzugsweise wegen der dabei auftretenden Veränderungen des Athmungstypus interessant sind, so gehören sie nicht in einen Aufsatz über künstliche Athmung. Ich verspare mir deshalb ihre Mittheilung auf eine andere Gelegenheit.

---

[1] *Dies Archiv.* 1882. S. 152.

Ueber den zeitlichen Verlauf des Muskelstromes.

Von

Dr. R. Nicolaides,
Docenten der Physiologie.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität zu Athen.)

Vor Kurzem habe ich bewiesen, dass die Erregbarkeit des Muskels kurz nach dem Ausschneiden desselben etwas steigt, sodann aber mit abnehmender Geschwindigkeit in einer gegen die Abscissenaxe convexen Curve abfällt.[1]

Meine zweite Aufgabe war, zu untersuchen, ob auch der Muskelstrom nach demselben Gesetz schwindet. Ich theile nun in diesem Aufsatze meine hierauf bezüglichen Versuche mit, indem ich zuvörderst einige Zeilen über die angewendete Methode vorausschicke.

Methode. Da die Untersuchungen nach dem zeitlichen Verlaufe des Muskelstromes viele Stunden dauern, muss dafür gesorgt werden, dass der Muskel vor jeder schädlichen Einwirkung, wie Vertrocknung, geschützt wird. Es wurden deshalb die Muskeln des Oberschenkels des Frosches (Sartorius, Gracilis) in eine gewöhnliche, aber etwas kleinere feuchte Kammer gebracht. Eine Wand der Kammer besteht nicht aus Glas, sondern aus Kautschuck. Durch eine Spalte der aus Kautschuk bestehenden Wand treten die Elektroden hinein. Es war dafür gesorgt, dass die Luft der Kammer sich mit Feuchtigkeit sättigen konnte. Als stromprüfenden Werkzeuges bediente ich mich des Capillarelektrometers von Lippmann nach einer sehr zweckmässigen Modification, die der Mechaniker Petzold in Leipzig nach Angabe von Dr. Max von Frey ausgeführt hat. Die Capillare ist nämlich

[1] Ueber die Curve, nach welcher die Erregbarkeit des Muskels abfällt. *Dies Archiv.* 1886. Suppl.-Bd. S. 27.

nach den drei Richtungen des Raumes einstellbar befestigt. Ein kleines Gefäss, welches mit der Capillare verbunden ist und welches eine grobe und eine feine Einstellung besitzt, gestattet den Stand des Quecksilbers in der Capillare zu beherrschen und kann auch zur compensatorischen Druckmessung dienen. Schliesslich lässt sich dieses Capillarelektrometer an jedes Mikroskop, welches ein umlegbares Stativ besitzt, anbringen. Als Elektroden benutzte ich die Stiefelelektroden von du Bois-Reymond. Nach jedem Versuche prüfte ich die Elektroden, ob sie einen Strom zeigten. Selbstverständlich behielt ich nur diejenigen Versuche, von welchen ich mich am Schlusse des Versuches überzeugte, dass die Elektroden keinen Strom zeigten, alle anderen verwarf ich. Die Beobachtung des Stromes geschah im Anfange öfters, alle 10 bis 15 Minuten, später seltener. ·Die Versuche sind im Winter angestellt.

I. Der Muskelstrom zwischen Längs- und Querschnitt.

Ueber das Gesetz der Abnahme der elektromotorischen Kraft ausgeschnittener Muskeln hat schon vor vielen Jahren Jules Regnauld[1] Versuche mitgetheilt. Nach Regnauld's Versuchen fällt die Kraft der mit Kniestumpf und Querschnitt aufgelegten unteren Oberschenkelhälfte vom Frosche (Élement Matteucci) von 9 bis 11 der elektromotorischen Einheiten Regnauld's (Wismuth und Kupfer bei 0° und 100°) binnen 4 Minuten auf 8 bis 7, binnen 31 Minuten auf 4 bis 3, binnen 73 auf 3 bis 2, binnen 193 auf 1 Einheit, zuerst also schneller, dann immer langsamer.

Was bei den Versuchen Regnauld's auffällt, ist, dass der Muskelstrom ungemein schnell abnimmt. Aus den Mittheilungen Regnauld's erhellt nicht, in welcher Zeit er seine Versuche angestellt, und ob und wie er die Muskeln gegen Trockenheit geschützt habe.

Nach du Bois-Reymond's[2] Erfahrungen dauert der Muskelstrom viel länger. Aus seinen Versuchen ergiebt sich, dass die Stromkraft am Gracilis nach 120 Minuten fast ebenso gross ist, wie sie Regnauld nach 31 Minuten fand. du Bois-Reymond schreibt die entgegengesetzten Resultate Regnauld's folgenden Umständen zu: „es entwickelte sich in dem Sehnenspiegel des Triceps femoris eine elektromotorische Gegenkraft durch Zerstörung der parelektronischen Schicht, wie man dies sieht, wenn man die untere Hälfte des Gastrocnemius einerseits mit künstlichem Querschnitt, andererseits mit dem Achillesspiegel auf nackte oder mit Eiweisshäutchen bekleidete Bäusche bringt.“ Es mögen auch vielleicht nach du Bois-Reymond die in der Mitte ihrer Länge quer durchschnittenen Ober-

[1] Recherches sur les courants musculaires. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.* t. XXXVIII. p. 890—893.

[2] *Gesammelte Abhandlungen.* 1877. Bd. II. S. 230.

schenkelmuskeln des von Regnauld angewendeten Praeparates ihrer Kürze halber schnell abgestorben sein.

In meinen Versuchen habe ich, wie du Bois-Reymond, den Muskelstrom niemals so rasch verschwinden sehen. Das Gesetz der Abnahme des Muskelstromes werden die folgenden, unter vielen anderen dasselbe Ergebniss darbietenden Versuche erläutern. Die erste mit *Z* überschriebene Columne bedeutet die Zeit, zu welcher der Muskelstrom beobachtet wurde. Die zweite mit *E* überschriebene Columne enthält die Ablesungen am Capillarelektrometer, d. h. die Grösse des Anschlages, welche durch die elektromotorische Kraft des Muskels hervorgebracht wurde.

Versuch A. M. gracilis. 40 mm lang.

Ableitung von Mitte und unterem Ende.

Z		*E*
5	Minuten nach dem Ausschneiden des Muskels	6·5
15	„ später	5
30	„ „	4
45	„ „	3·5
90	„ „	2·5
120	„ „	2
260	„ „	1·5
380	„ „	1

Versuch B. M. gracilis. 38 mm lang.

Ableitung vom oberen Ende und Mitte.

Z		*E*
3	Minuten nach dem Ausschneiden des Muskels	8
15	„ später	7
30	„ „	6·5
60	„ „	5
105	„ „	4·5
170	„ „	3·5
245	„ „	3

Versuch C. M. sartorius. 37 mm lang.

Ableitung vom unteren Ende und Mitte.

Z		*E*
4	Minuten nach dem Ausschneiden des Muskels	4·5
15	„ später	4
30	„ „	3·5
75	„ „	3
165	„ „	2·5
240	„ „	2

Man ersieht aus diesen Zahlen, dass der Muskelstrom zuerst schneller, dann immer langsamer abnimmt, also im Wesentlichen ebenso wie die Erregbarkeit des Muskels.

II. Ueber die Längsschnittsströme.

Abgesehen davon, dass die Längsschnittströme sehr schwach sind, ist für sie auch charakteristisch, dass sie von kürzerer Dauer sind. Sie schwinden zu einer Zeit, wo der Strom zwischen Quer- und Längsschnitt noch stark ist. Während aber der Strom bei der vorigen Versuchsanordnung fast stets sinkend angetroffen wird, sieht man oft bei dieser Anordnung den Strom in der ersten Zeit (10 bis 40 Minuten) nach dem Auflegen des Muskels steigen. Es kommt auch vor, dass der Längsschnittsstrom nicht steigt, sondern einige Minuten (15 bis 30) auf derselben Höhe bleibt und dann zu sinken anfängt, und zwar nach demselben Gesetze, wie der Strom bei der Anordnung mit Quer- und Längsschnitt.

Dass der zeitliche Verlauf der Längsschnittsströme dergestalt von dem des Stromes zwischen Längs- und Querschnitt abweicht, erklärt sich aus den Bedingungen ihrer Entstehung. Wenn der Endquerschnitt des Muskels auf allen Punkten mit gleicher Kraft elektromotorisch wirkte, würde es bekanntlich, abgesehen von einem schwachen Stromarm durch das Perimysium weder am Längs- noch am Querschnitt Ströme geben. Sinkt dann die Kraft, aber schneller an den dem Rande näheren als an den der Mitte näheren Punkten des Endquerschnittes, so müssen Längsschnittsströme hervortreten, und sie können wachsen oder sich gleich bleiben, während der Strom zwischen Längs- und Querschnitt sinkt. Dass sie zu einer Zeit schwinden, wo letzterer Strom noch stark ist, liesse sich auf Sinken des Kraftunterschiedes zwischen Mitte und Rand des Endquerschnittes zurückführen, doch ist auch vielleicht negative Polarisation dabei im Spiele.

Aus den mitgetheilten Versuchen erhellt, dass der Muskelstrom der Erregbarkeit des Muskels parallel läuft. Er dauert, so lange sie dauert, er schwindet nach demselben Gesetz, nach welchem die Erregbarkeit des Muskels schwindet.

Die Gase des Peptonblutes.

Von

Dr. Lahousse.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

In den Verrichtungen der Nerven und Muskeln treten tiefgreifende Störungen hervor, wenn einem Hunde durch die Venen so viel Pepton einverleibt worden ist, dass dem Blute die Gerinnbarkeit genommen ward. Der Einführung der Lösung folgen zunächst Krämpfe der Skeletmuskeln und häufig Erbrechen; sind diese, was meist rasch geschieht, vorübergegangen, so vollführt der Brustkorb auf lange Zeiten hin seltene und tiefe Athembewegungen, ähnlich wie nach Durchschneidung der beiden Halsvagi; zuweilen geht dem Eintritt der dyspnoischen Athmung ein fast minutenlanger Stillstand der Brust voraus. Gleichzeitig sind die Muskeln der Beine hinfällig geworden, das Thier vermag nicht mehr zu stehen. Zur Schwäche der Gliedermuskeln tritt ein verminderter Tonus der Gefässwand; der arterielle Blutdruck sinkt so weit herab, als ob das verlängerte Mark durchschnitten sei. Stumpfsinnig liegt das Thier halbe und ganze Stunden hindurch, ehe es aufwacht, oder, was sich oft ereignet, abstirbt.

Dass durch einen so ausgebreiteten, dauernden und schweren Eingriff in das Leben der reizbaren Organe die innere Athmung leiden muss, dass der Austausch zwischen dem Sauerstoff des Blutes und den Zersetzungsproducten der Gewebe dem gesunden Zustand nicht entsprechen kann, steht ausser Zweifel. Und weil sich möglicher Weise schon aus dem Gasgehalt des Blutes ein Hinweis auf die Ursachen der Störungen ergab, so unternahm ich es auf Veranlassung des Hrn. Prof. C. Ludwig einen Vergleich zwischen den Gasen des gesunden und des Peptonblutes anzustellen. Sollte sich hierbei eine merkliche Verschiedenheit im Gasgehalte der beiden Blut-

sorten ergeben, so würde des Näheren zu ermitteln sein, worauf sich die Eigenheit des Peptonblutes gründe. — Obgleich sich alsbald die Zusammensetzung der Gase in der letzteren Blutart sehr abweichend erwies, so ist mir doch die Erfüllung eines Wunsches nach weiteren Versuchen versagt worden, weil mich meine Berufspflichten Leipzig zu verlassen zwangen.

Die Vorsichten, mit welchen das Blut aufgefangen, die Gase gewonnen und analysirt wurden, bedürfen keiner genaueren Beschreibung, da ich nach den im hiesigen Institut oft gebrauchten und geprüften Maassnahmen verfuhr. Das Blut wurde aus der Art. carotis über luftfreiem Hg aufgefangen, in der Hg-Pumpe entgast. Wenn der luftleere Raum aus dem Peptonblut kein Gas mehr hervorbrachte, setzte ich wiederholt so viel Oxalsäure zu, als nöthig, um der Blutflüssigkeit eine deutlich saure Reaction zu verleihen. Diese Vorsicht hat sich jedoch als zu weitgehend erwiesen. Ein erneutes Auspumpen nach der Ansäuerung blieb fruchtlos.

Das gewonnene Gas wurde nach den Vorschriften von Bunsen zerlegt, die Ablesungen geschahen mit dem Kathetometer, die Ausgleichung der Temperaturen wurde unter Wasser vollführt innerhalb der äusserst zweckmässigen Wanne von Bohr.

Die erste Versuchsreihe sollte ermitteln, ob die Gase des Blutes schon beim Eintritt der Thiere in den Zustand vollkommener Erschlaffung eine Veränderung erfahren haben. Sie wurde an drei Hunden und zwar in der Art durchgeführt, dass von je zwei zu Doppelanalysen ausreichenden Blutproben die eine unmittelbar vor der Einführung des Peptons, die andere 4 bis 5 Minuten nach der Vollendung der Einspritzungen aus der A. carotis entnommen wurden. Die Beobachtungen ergaben:

I. Körpergewicht 31 Kilo. Für 1 Kilo des Thieres wurden 300 mgr Pepton zu 10 Procent bis 0·7 procentiger NaCl-Lösung durch die Vena jugularis dextr. eingelassen.

	In 100 Theilen Blut vor der Einführung des Peptons.			In 100 Theilen Blut 4 Minuten nach der Einführung des Peptons	
	a	b		a	b
CO_2	39·51	39·53	CO_2	22·98	21·83
O	15·99	16·29	O	17·04	17·44
N	1·67	1·58	N	0·90	1·29

II. Körpergewicht 28 Kilo, alles Uebrige wie in I.

	In 100 Theilen Blut vor der Einführung des Peptons			In 100 Theilen Blut 4 Minuten nach der Einführung des Peptons	
	a	b		a	b
CO_2	33·42	?	CO_2	16·60	16·03

III. Körpergewicht 25 Kilo. Für 1 Kilo wurden 150 mgr eingelassen. Trotz der geringeren Peptonmenge blieb das Blut dauernd flüssig.

In 100 Theilen Blut vor der Einführung des Peptons			In 100 Theilen Blut 5 Minuten nach der Einführung des Peptons		
	a	b		a	b
CO_2	32·80	32·54	CO_2	23·33	23·44
O	15·44	15·84	O	16·76	16·31
N	1·90	1·82	N	2·84	1·91

Mit dem Eintritt des Thieres in den soporösen Zustand hat sich also eine auffallende Aenderung in der Zusammensetzung des Gasgemisches vollzogen, welches das Blut beherbergt. Der Uebersichtlichkeit dient es, wenn zuerst die Aenderungen im CO_2-Gehalt betrachtet werden. Zu diesem Ende sollen die Mittelwerthe der CO_2 zusammengestellt und aus ihnen abgeleitet werden, welche Unterschiede und Verhältnisse zwischen der CO_2-Menge vor und nach der Einführung des Peptons bestehen.

	Vor dem Pepton	Nach dem Pepton	Unterschied beider	Verhältniss der CO_2; vor Pepton = 1
I.	39·52	22·40	17·12	0·57
II.	33·42	16·32	17·10	0·49
III.	32·67	23·38	9·29	0·72

Vielleicht kommt es nicht auf Rechnung einer Zufälligkeit, dass in III der CO_2-Gehalt des Blutes nach Pepton im Verhältniss zu dem Normalblut grösser als in I und II ausfiel; denn das Thier III erhielt für das Kilo nur halb so viel Pepton als die anderen.

Nachdem festgestellt war, wie rasch und in welchem Umfange der CO_2-Gehalt des Blutes sich durch die Einführung des Peptons ändert, schien es angezeigt zu ermitteln, wie lange sich derselbe auf der niederen Stufe erhält. Hierüber Aufschluss zu erhalten, war um so wünschenswerther, weil wir durch Schmidt-Mülheim wissen, dass das Pepton rasch aus dem Blute verschwindet. So war es möglich, dass bald nach der Entfernung des fremden Stoffes der früher vorhandene CO_2-Gehaltes zurückkehrte. Und um so mehr durfte ein Wiederansteigen des CO_2-Gehalt erwartet werden, weil das Thier, das die seltene Athmung andauernd fortsetzte, aller Wahrscheinlichkeit nach weniger CO_2 aushauchte. — Deshalb wurden auch Aderlasse ein und zwei Stunden nach der Einführung des Peptons vorgenommen. Wo dieses geschah, wurde drei Mal Blut genommen, entweder wie in IV vor, 4 Minuten nach und 1 Stunde nach der Peptonirung, oder wenn wie in V die Blutentziehung des Normalblutes unterlassen war, 4 Minuten, 1 Stunde und 2 Stunden nach der Peptonisirung.

Da die unter IV aufgeführten Beobachtungen von dem Hunde II auf der vorhergehenden Seite gewonnen sind, so konnte die Wiederholung der dem Normalblut angehörigen Zahlen unterbleiben.

IV. Körpergewicht 28 Kilo. Für 1 Kilo 300 mgrm Pepton.

	4 Minuten nach Einführung des Peptons	1 Stunde nach Einführung des Peptons
CO_2	16·60	18·59

Zu diesem Versuche ist zu bemerken, dass der Hund 30 Minuten nach der Einleitung des Peptons aus der Narkose erwachte und schwankenden Schrittes einherging, dann aber wieder in den früheren Zustand zurückfiel.

V. Körpergewicht 34 Kilo. Für 1 Kilo 300 mgrm Pepton.

	5 Min. nach Einf. d. Peptons	1 St. nach Einf. d. Peptons	2 St. nach Einf. d. Peptons
CO_2	22·8	19·96	19·25

Das Ergebniss ist deutlich, der niedrige Gehalt des Blutes an CO_2 dauert mindestens so lange als die Narkose, vielleicht sogar über ihren Bestand hinaus.

Entgegen dem Verhalten der CO_2 erweist sich das des O. Nach der Einspritzung des Peptons ist der Gehalt des Blutes an O gewachsen. Dafür sprechen die aus dem Blute dreier Hunde gewonnenen Zahlen.

A. Köipergewicht 1 Kilo, das unter 3I auf S. 78 erwähnte Thier.

	In 100 Thl. Blut vor der Peptonisirung		In 100 Thl. Blut 5 Min. nach der Peptonisirung	
	a	b	a	b
O	15·99	16·29	17·04	17·44

B. Körpergewicht 25 Kilo, das unter III S. 79 aufgeführte Thier.

	a	b	a	b
O	15·44	15·64	16·76	16·31

C. Körpergewicht 28 Kilo, das unter II aufgeführte Thier, S. 78.

	In 100 Thl. Blut vor der Peptonisirung	In 100 Thl. Blut 4 Minuten nach der Peptonisirung	In 100 Thl. Blut 1 Stunde nach der Peptonisirung
O	17·08	17·50	18·35

Aus der Zusammenstellung der Mittelzahlen, ihrer Unterschiede und Verhältnisswerthe folgt:

	Vor der Peptonisirung	4 Minuten nach der Peptonisirung	Unterschied	Verhältniss normal = 100
A.	16·14	17·24	1·10	106·8
B.	15·64	16·53	0·89	105·8
	Vor der Peptonisirung	1 Stunde nach der Peptonisirung	Unterschied	Verhältnisszahl
C.	17·08	18·35	1·27	107·4

Mit einer gewiss beachtenswerthen Seite der Peptonwirkung haben uns die neueren Beobachtungen bekannt gemacht, aber sie geben uns keinen Aufschluss über die Ursachen der Veränderung des Gasgemisches. Unter Anderen könnte der mindere Gehalt an CO_2 auf die herabgesetzte Absorptionskraft des Blutes, eben so gut aber auch darauf zurückgeführt werden, dass wegen der Herabstimmung des Nerven- und Muskellebens ein Missverhältniss zwischen der Bildung und Ausscheidung der CO_2 eingetreten sei.

Für die verminderte Fähigkeit des Blutes CO_2 zu binden, spricht die Geschwindigkeit, mit welcher sein CO_2-Gehalt nach der Einverleibung des Peptons herabsteigt. Da binnen 4 bis 5 Minuten das gesammte Blut des Thieres nur wenige Male durch die Lunge geflossen sein kann, und da es dessen ungeachtet die Hälfte seines früheren CO_2-Gehaltes eingebüsst hat, so kann, insofern die CO_2 den Ausweg durch die Lunge genommen, dieses nur darum geschehen sein, weil die Spannung der CO_2 im Blute ungewöhnlich hoch angewachsen war. Zu diesem Schluss wird man unter der gemachten Voraussetzung um so mehr hingewiesen, weil die Athemfolge in den ersten Minuten nach der Peptoneinspritzung langsam einhergeht.

Der erniedrigten Befähigung des Blutes, CO_2 zu binden, könnte sich eine Verminderung ihrer Bildung zugesellen. Auf die letztere lässt der angewachsene O-Gehalt des Blutes in der Peptonnarkose schliessen. Wenigstens kann darüber kein Zweifel bestehen, dass der O-Gehalt des Blutes zunehmen kann, wenn bei unveränderter Arbeit der Lungen der O von den Geweben des Körpers in geringerem Grade in Anspruch genommen wird.

Als eine Bestätigung des Theiles der entwickelten Voraussetzungen, welcher die beobachteten Aenderungen der Blutgefässe aus einer herabgesetzten Oxydation der Gewebsmassen erklärt, wäre es anzusehen, wenn sich die Temperatur des Thieres erniedrigte. Um hierüber Aufschluss zu gewinnen, habe ich vor und nach der Einführung des Peptons die Temperatur im Rectum und im rechten Herzen gemessen. Ein Versuch ergab:

Zeit	Temperatur im After	Temperatur im rechten Herzen
10 h 15′	39·55° C.	—
10 h 23′	—	39·90° C.

Von 10 h 26′ bis 10 h 27′ wird die Peptoneinspritzung unternommen. Ihr folgt eine vorübergehende tetanische Streckung der Extremitäten. Athemzüge 18 in der Minute.

Zeit	Temperatur im After	Temperatur im rechten Herzen
10 h 33′	—	39·5° C
10 h 40′	—	zwischen 40·0 und 39·5° C.
Die Zahl der Athembewegungen steigt auf 44 in der Minute.		
10 h 44′	39·70° C.	39·85° C.
11 h 48′	—	39·8° C.
11 h 53′	39·9° C.	—
Das Thier ist aufgewacht, es vermag einherzugehen.		

Mit der Voraussetzung im Widerspruch hat sich während der durch das Pepton bedingten Nerven- und Muskelschwäche die Temperatur eher gehoben als gesenkt. Dieser und ähnliche Versuche dienen mindestens nicht zur Unterstützung der Annahme, dass die Oxydation bez. der Stoffumsatz während der Peptonnarkose geringer als vor dem gewesen sei.

Beim Entgasen des Blutes setzen sich an die Wand der Glaskugel, in welcher durch das Aufschäumen Tropfen umhergeschleudert waren, einzelne Gerinnsel fest. Durch ihre Ausscheidung aus dem in seiner übrigen Masse ungeronnenen Blute wurde ich an ein von Fano aufgefundenes Verhalten des Peptonplasma's erinnert. In diesem vermochte das Einleiten von CO_2 eine feste Gerinnung gleich der im gewöhnlichen Plasma zu erzeugen. Die Entstehung der Gerinnsel in der Luftpumpe liess sich der Erfahrung von Fano entsprechend aus der reichlichen Anwesenheit von CO_2 ableiten, welche, nachdem sie aus der grösseren Menge des Peptonblutes ausgeschieden war, auf die spärlicheren an der Kugelwand anhängenden Blutstropfen gewirkt hatte.

Auf Grund dieser Vermuthung brachte ich über Hg eine mässige, wenige Cubikcentimeter betragende Menge ungerinnbaren Peptonblutes mit CO_2 in Berührung und fand, dass sich nun in der That aus dem Blute Gerinnsel abschieden.

Für die Aufklärung der Ursache, welche das Peptonblut an der Gerinnung verhindert, scheint mir diese Thatsache von Bedeutung. Durch ihre Aufdeckung verstärkt sich das Verlangen nach weiteren Versuchen, die uns über das Verhalten des Peptonblutes zur CO_2 Aufklärung versprechen.

Zahlenwerthe zu dem Oekus des Frosches.

Herausgegeben von **J. Gaule.**

II. Die Gesammtzahl der Blutkörperchen und ihre Variation.[1]

Von

A. Gürber,

Assistenten am physiologischen Institut der Universität Zürich.

Die nachstehende Untersuchung ist in der Absicht begonnen worden, die Zahl der rothen Blutkörperchen, welche der Frosch in der Einheit des Volumens, d. h. dem Cubikmillimeter enthält, genauer als dies seither geschehen war, festzustellen, namentlich mit Rücksicht auf die Veränderungen, denen diese Zahl in den verschiedenen Jahreszeiten unterliegt. Dabei traf ich auf ganz unerwarteten Wechsel meiner Zahlen selbst in kurz auf einander folgenden Zwischenräumen. Dies wurde für mich zunächst die Veranlassung, mir alle Möglichkeiten der Fehler bei der Entnahme und der Zählung des Blutes zu überlegen, denn ich schob die Schwankung meiner Zahlen auf die Ungenauigkeit meines Verfahrens. Dieses war nun zwar das erprobte von Malassez und Hayem mit allen den Cautelen, welche Thoma und Abbé demselben hinzugefügt haben, aber man findet bei der Anwendung desselben auf den Frosch bald, dass der geringe Blutvorrath desselben, die Kleinheit seiner Gefässe, die Menge seiner Lymphe, die lösende Beschaffenheit seines Hautsecretes Hindernisse von einer ganz anderen Art bilden, wie die, welche man beim Säugethier trifft. Indessen diese Hindernisse lassen sich doch durch Ueberlegung und Uebung über-

[1] Als erste der hierher gehörigen Arbeiten ist anzusehen: E. A. Birge, Die Zahlen der Nervenfasern und der motor. Ganglienzellen im Rückenmark des Frosches. *Dies Archiv.* 1882. Phys. Abth. S. 435.

winden, und es gelang mir nach einiger Zeit, ein Verfahren zu finden, welches ich weiterhin beschreiben werde und das mir bei den Controlversuchen gut übereinstimmende Zahlen lieferte.

War man nun sicher geworden, dass man nicht mehr mit Fehlern des Verfahrens zu kämpfen hatte, so mussten Zählungen bald zu dem Schlusse führen, dass die Menge von Blutkörperchen, welche der Frosch in der Einheit seines Blutvolums beherbergt, einem raschen Wechsel unterliegt. Zunächst liess sich feststellen, was nicht ganz unerwartet kam, dass jeder Blutverlust dieselben ausserordentlich beeinflusst. Der Einfluss des Blutverlustes ist auch beim Säugethier constatirt, dass er beim Frosch sehr viel stärker sein würde, war zu erwarten, er ist aber so stark, dass man von zwei nach einander ausfliessenden Blutstropfen niemals dieselbe Zahl bekommt. Erst wenn man dem Frosch eine gewisse Zeit zur Erholung lässt (24 Stunden), wenn man jeden überflüssigen Blutverlust sehr sorgfältig vermeidet, kann man von ihm wieder dieselbe Zahl bekommen. Dass die Gefangenschaft, dass verschiedene Ernährung einen Einfluss ausüben, bestätigten die Versuche sehr bald. Alle diese Zahlen erschienen aber zuerst von einer verwirrenden Unregelmässigkeit, bis man einen Factor kennen lernte, der in seinem Einflusse so mächtig ist, dass er alle anderen Einwirkungen in Schatten stellen kann, das ist der Feuchtigkeitsgrad der Umgebung. Je nachdem der Frosch nass oder trocken gehalten wird, ändert sich der Gehalt seines Blutes an Körperchen in Zahlen, die sich verhalten wie 1 : 2. Es scheint darin sowohl eine Anpassung an die veränderten Athmungsverhältnisse, als auch vielleicht eine directe Aufnahme von Wasser zu liegen. Es war dieser letztere Punkt, welcher mich veranlasste, meine Untersuchung weiter auszudehnen, als ich dachte, denn wenn es sich um eine directe Aufnahme von Wasser bei zunehmender Feuchtigkeit der Umgebung handelte, so konnte das Blut verdünnt werden und die Zahl der Blutkörperchen im Cukikmillimeter konnte abnehmen, ohne dass eine wirkliche Verminderung in der Zahl der Blutkörperchen stattgefunden hatte. Das veranlasste mich, die Bestimmung der Gesammtzahl der Blutkörperchen, welche der Frosch besitzt, in's Auge zu fassen. Es ist offenbar diese Zahl, welche den einzigen zuverlässigen Maasstab bildet, ob eine Bildung von Blutkörpern oder eine Zerstörung derselben unter gewissen Einflüssen stattgefunden hat, und sie ist überdies als eine der wichtigsten Constanten in den noch so unbekannten Zahlenverhältnissen der Zellen des Froschorganismus sehr interessant.

Ich werde weiterhin das Verfahren beschreiben, durch das diese Gesammtzahl gewonnen wurde. Daran reihte sich dann unmittelbar die Bestimmung der Blutmenge an, indem, bevor die Gesammtzahl bestimmt

wurde, in einem Tropfen die Zahl der Blutkörperchen mit dem Zähler ermittelt wurde. Die Division dieser Zahl in die Gesammtzahl ergab dann die Blutmenge in Cubikmillimetern, und da gleichzeitig auch das Körpergewicht ermittelt wurde, konnte dieselbe auch in Procenten des Körpergewichts angegeben werden.

Man wird vielleicht dabei das Bedenken erheben können, dass die in einem Blutstropfen ermittelte Zahl der Blutkörperchen nicht die wirkliche Mittelzahl ist und dass daher diese Berechnung nicht ganz correct ist. Aber im Grund beruhen fast alle Bestimmungen der Blutmenge auf ähnlichen Voraussetzungen, und so wird diese Bestimmung, welche meines Wissens die erste beim Frosch ist, jedenfalls einen guten Vergleich mit den Zahlen beim Säugethier gestatten.

1. Mittelzahl der rothen Blutkörperchen in der Volumeinheit.

Zur Bestimmung der Zahl der rothen Blutkörperchen für die Bluteinheit (^{cmm}) bediente ich mich der bekannten Methode mit dem Zeiss'schen Zählapparat. Da ich die Bekanntschaft mit dem Zeiss'schen Instrumente voraussetzen zu dürfen glaube, so will ich dessen Beschreibung übergehen, dagegen die Versuchsanordnung etwas näher besprechen. Ich muss noch gleich bemerken, dass von den zelligen Elementen des Blutes bei diesen Zählungen nur die rothen Blutkörperchen in Betracht kommen und dass unter der Bezeichnung „Blutkörperchen“ nur diese letzteren zu verstehen sind.

Um nun zur Versuchsanordnung zu kommen, so gestaltet sich dieselbe folgendermaassen: Eine Rana temporaria wird zur besseren Handhabung leicht curarisirt und dann gewogen. Hierauf legt man die eine Vena cruralis frei und unterbindet dieselbe. Mit Fliesspapier wird alle Lymphflüssigkeit, welche den Spalt ausfüllt, in dem die Vene liegt, entfernt. Schnürt man jetzt ein genügend langes Stück des prall gefüllten Gefässes, sei es durch einen zweiten Faden, sei es durch Compression mit einer passenden Klemme ab, so ist man im Stande, in dem auf diese Weise erhaltenen Segmente das nöthige Blut zu bekommen, ohne eine stärkere Blutung befürchten zu müssen. Das so gewonnene Blut wird ohne Zögern in das Mischpipettchen bis zum Theilstrich 5 oder 10 der Capillarröhre angesaugt und sogleich mit 0·7 procentiger Kochsalzlösung verdünnt. Alle diese Operationen müssen mit der grössten Vorsicht und Genauigkeit ausgeführt werden, und besonders hat man darauf zu achten, dass die Mischung des Blutes mit der Kochsalzlösung eine möglichst gleichmässige wird, da man

nur in diesem Falle auf ein richtiges Resultat hoffen darf. Ist der Versuch so weit gediehen, so hat man sofort zur Zählung zu schreiten, da die Blutkörperchen trotz der Kochsalzlösung nach einiger Zeit zu Grunde gehen. Man stellt daher in gewohnter Weise das Zählpraeparat dar, indem man den Zählraum der Kammer mit einem kleinen Tröpfchen der Mischung beschickt, das Deckgläschen auflegt, so dass die Newton'schen Farbenringe zum Vorschein kommen und das Praeparat zur Sedimentirung der Blutkörperchen einige Minuten ruhen lässt. Hat man sich überzeugt, dass das Praeparat keine Luftblasen oder andere fremde Körper enthält, und dass die Vertheilung der Blutkörperchen auf dem Boden der Zählkammer eine ziemlich gleichmässige ist, so kann man mit der Zählung beginnen.

Da die Blutkörperchenzahl des Frosches eine ungleich geringere ist, als z. B. die der Säugethiere, so habe ich den Inhalt aller 400 Quadrate des Mikrometernetzes der Zählkammer gezählt, was natürlich die Genauigkeit der erhaltenen Resultate nicht unbedeutend erhöht. Im Uebrigen habe ich mich ganz an die bekannten Vorschriften für die Blutkörperchenzählung von E. Abbe und R. Thoma gehalten. Anfänglich habe ich von der gleichen Blutprobe zwei und mehrere Zählungen gemacht, bin aber bald davon abgekommen, als ich sah, dass die Blutkörperchen in der Pipette allmählich zu Grunde gehen. Sollen von dem gleichen Frosch mehrere Blutproben entnommen werden, so braucht man nur die Klemme oder den Faden auf der peripheren Seite des Gefässausschnittes zu lösen, um das nöthige Blut zu bekommen, wobei allerdings die Blutverluste schon bedeutender werden, so dass eigentlich nur die Resultate von zwei Blutproben Anspruch auf Richtigkeit machen dürfen. Ich werde in einem anderen Theile meiner Arbeit zeigen, welchen Einfluss auch kleine Blutverluste auf die erste Constante des Froschblutes haben. Ich bringe daher im Folgenden nur diejenigen Resultate, welche ich von der ersten Blutprobe erhalten habe und das um so mehr, als ich bei allen Fröschen, die ich nachher zur Bestimmung der anderen Constanten verwandte, begreiflicher Weise nur eine einzige Blutentnahme machen konnte. Nachstehende Tabelle wird nun die Resultate dieser Untersuchungen liefern. Die Rechnung, welche mich von den Einzelzählungen zu den Resultaten führt, ist folgende: Die aus den Einzelzählungen sich ergebende Durchschnittszahl der in einem $^1/_{10}$ Cubikmillimeter sich befindlichen Blutkörperchen wird mit 10, dann, je nachdem die Verdünnung des Blutes 1 : 100 oder 1:200 ist, mit 100 oder 200 multitiplicirt, und man hat die gesuchte Blutkörperchenzahl pro cmm. Um Irrungen vorzubeugen, habe ich die Blutkörperchen der 400 Felder des Mikrometernetzes in vier Abtheilungen zu je 100 Feldern gezählt.

Tabelle 1.

Nr.	Zahl der rothen Blutkörperchen in $^1/_{10}$ cmm des Gemisches	Verhältnisse der Verdünnung	Zahl der Blutkörperchen in 1 cmm des Blutes
1	927, 729, durchschnittlich 828	1:100	828000
2	952, 935, „ 943·5	1:100	943500
3	775, 882, „ 828·5	1:100	828500
4	793, 868, „ 830·5	1:100	830500
5	nur eine Zählung gemacht 836	1:100	836000
6	„ „ „ „ 343	1:200	686000
7	„ „ „ „ 783	1:100	783000
8	„ „ „ „ 428	1:200	856000
9	„ „ „ „ 425	1:200	850000
10	„ „ „ „ 424	1:200	848000
11	„ „ „ „ 783	1:100	783000
12	„ „ „ „ 757	1:100	757000
13	„ „ „ „ 537	1:200	1074000

2. Einfluss der Gefangenschaft auf die Zahl der Blutkörperchen.

Die Abweichungen von der Mittelzahl 800000, welche die Tabelle zeigt, musste mich veranlassen, nach Erklärungen zu suchen. Auf die einer bloss individuellen Schwankung wollte ich mich nicht einlassen, da Frösche, welche sich unter ganz gleichen Bedingungen befinden, ein sehr gleichmässiges Verhalten zeigen, und die Schwankungen, die man findet, bedeuten eben, dass die Bedingungen nicht gleichmässige waren. Das Verhalten, welches die Frösche zeigen, welche einige Zeit in der Gefangenschaft waren, machte zunächst wahrscheinlich, dass sich im Verlaufe derselben eine Anaemie entwickeln könnte. Die Frösche werden ja in der Gefangenschaft immer stiller, trauriger, und auch die Verhältnisse ihrer Muskeln und Nerven zeigen einen merklichen Unterschied. Es ist dabei vorausgesetzt, dass sie in der Gefangenschaft nicht gefüttert werden.

Die folgenden Zählungen beweisen eine sehr grosse Verminderung durch die Gefangenschaft (s. umstehende Tabelle 2).

Meine Aufmerksamkeit wurde bei Vergleichung dieser Zahlen darauf gelenkt, dass die Gefangenschaft, obgleich überall in dem gleichen Sinne wirkend, doch nicht überall gleich stark einwirkt. So zeigen z. B. die am 12. November gefangenen Frösche für ungefähr gleiche Zeiten wesentlich geringere Verminderung als die am 29. October gefangenen. (Berechnet

Tabelle 2.

Zahl der Blutkörperchen pro cmm bei frischen Fröschen		Zahl der Blutkörperchen pro cmm bei seit längerer Zeit gefangenen Fröschen	
Gefangen am 12. Nov., unters. am 16. Nov.	**848400**	Gefangen am 29. Oct., unters. am 9. Nov.	**383000**
„ „ 12. „ „ „ 17. „	**936400**	„ „ 29. „ „ „ 12. „	**478400**
„ „ 12. „ „ „ 18. „	**792800**	„ „ 29. „ „ „ 13. „	**388360**
„ „ 12. „ „ „ 20. „	**868800**	„ „ 29. „ „ „ 21. „	**459600**
„ „ 10. „ „ „ 10. Dec.,	**836000**	„ „ 12. Nov., „ „ 23. „	**606000**
		„ „ 12. „ „ „ 24. „	**525000**
		„ „ 12. „ „ „ 30. „	**470500**

man die Verminderung auf den Tag der Gefangenschaft, so ergiebt sich im October 26880, im November 21752.

Daraus liess sich erkennen, dass innerhalb der Gefangenschaft noch weitere Einflüsse wirken mussten, welche eine Verschiedenheit herbeiführten. Im Anschluss an die Beobachtungen bei den Säugethieren dachte ich zunächst den

3. Einfluss der Blutverluste auf die Zahl der Blutkörperchen

einer Untersuchung zu unterziehen. Eine Gewissheit über die Grösse dieses Einflusses musste ich mir schon deshalb verschaffen, weil der Wunsch nahe lag, bei einem und demselben Frosch die Zahlen durch successive Zählungen festzustellen.

Die folgenden Zahlen ergaben nun eine so ausserordentlich grosse Abnahme, dass ich diesen Gedanken völlig aufgab. Es lässt sich eben keine Zählung unter den oben geschilderten Cautelen anstellen, ohne einen Blutverlust, der, wenn auch an sich klein, doch im Verhältniss zu dem kleinen Blutvorrath des Frosches beträchtlich ist. Da nun der Einfluss eines solchen Verlustes auf die Blutkörperchenzahl so gross ist, so wurden die Vergleiche nicht durch Zählungen an demselben Frosch, sondern an möglichst gleichartigen Controlfröschen angestellt.

Tabelle 3.

Nr.	Zahl der Blutkörperchen pro cmm bei der ersten Zählung	Zahl der Blutkörperchen pro cmm nach Blutverlusten: zweite Zählung	dritte Zählung
1	848400	am folgenden Tage 558800	am folgenden Tage 400400
2	478400	nach $^1/_2$ Stunde 148000	nach 1 Stunde 106800
3	459600	nach 1 Stunde 286800	am folgenden Tage 328000
4	616000	am folgenden Tage 289000	283000
5	650000	am folgenden Tage 400000	352000
6	525000	nach 1 Stunde 416000	—

Die Zählungen wurden auch mit Rücksicht darauf angestellt, ob vielleicht nach einer Ruhepause die Blutkörperchen sich wieder vermehren würden, und deshalb wurde noch eine dritte Zählung angestellt, indessen ergab sich dabei, wie man aus der Tabelle ersieht, noch eine weiter fortschreitende Verminderung.

4. Einfluss der Trockenheit und Nässe.

Durch Prof. Gaule wurde ich darauf aufmerksam gemacht, dass vielleicht die Unterschiede in den Zahlen, welche verschiedene Frösche darbieten, und auch die Verschiedenheit in dem Einfluss der Gefangenschaft herrühren könnte von dem Grade der Feuchtigkeit, in dem die Frösche gelebt haben. Es wurden deshalb eine Anzahl Frösche, möglichst gleichartig und gleichlang in Gefangenschaft, ausgewählt und in zwei Gruppen gesondert, von denen die einen in feuchte Behälter mit jeden Tag erneutem Wasser, die anderen in ganz trockene Behälter gebracht wurden. 8 bis 14 Tage vertragen die letzteren die Trockenheit ganz gut, namentlich wenn man die Temperatur niedrig hält und starke Beleuchtung vermeidet. Nachher aber kommt eine Periode der Krisis, die sie nicht überstehen.

Von beiden Behältern wurden nun in Intervallen von mehreren Tagen Frösche ausgewählt und ihre Blutkörperchen gezählt.

Tabelle 4.

Zahl der Blutkörperchen im Cubikmillimeter.

Feucht gehalten.		Trocken gehalten.
836000	24 Stunden	865000
686000		815000
660000	5 Tage	1352000
547000	6 Tage	
516000		
	7 Tage	820000
	12 Tage	1320000

Diese Tabelle zeigt, dass während bei den feucht gehaltenen Fröschen die Zahl der Blutkörperchen in der Gefangenschaft abnimmt, sie das bei den trocken gehaltenen nicht thut, sondern steigt und sogar ganz ungewöhnliche Höhen erreichen kann.

Die Frage war nun, ob die Trockenheit eine so grosse Neubildung von Blutkörperchen hervorrufen könne, oder ob diese Vermehrung nur eine scheinbare sei, hervorgerufen durch eine Verminderung der Blutmenge, wobei die Blutflüssigkeit verloren geht, die Körperchen aber zurückgehalten werden.

Offenbar sind die Frösche mit ihrer für Wasser so durchlässigen Haut bei dem Aufenthalt im Trockenen einer starken Verdunstung ausgesetzt. Es ist das ein Punkt in der Oekonomie ihres Amphibienlebens, der jedenfalls mit den verschiedenen Functionen, die sie bald in's Wasser, bald auf das Land führen, auf's Engste zusammenhängt. Durch eine Reihe von Wägungen, welche Prof. Gaule bei Gelegenheit seiner Untersuchung des Oekus der Frösche ausführte, wurde die Gewichtsverminderung bei längerem Aufenthalte im Trockenen als bis zu 25 Procent des Körpergewichts gehend ermittelt. Diese Verdunstung wird nun alle Gewebe betreffen, so auch das Blut. Hier trifft sie das flüssige Plasma eher als die Körperchen, aber wenn diese auch Wasser abgeben, so wird dadurch doch ihre Zahl nicht vermindert. Ihre Gesammtzahl musste also dieselbe bleiben, während sie auf ein kleineres Volum zusammengedrängt, in der Volumeinheit zahlreicher wird.

Die einzig sichere Auskunft war nur durch das Zählen der gesammten in dem Blute des Frosches enthaltenen Blutkörperchen zu erlangen. Man hätte wohl auch daran denken können. etwa mit Hilfe der Welker'schen Methode die Blutmenge zu bestimmen und dann durch eine Multiplication der in einem Cubikmillimeter gezählten die Gesammtzahl zu ermitteln. Dagegen gab es Bedenken, die ganz ungleiche Vertheilung der Blutkörperchen in dem Froschblut, wovon die Aderlassversuche Zeuge gewesen waren, die schwache Färbung des Froschhaemoglobins, die geringe Menge des Blutes, welche jeden Messungsfehler sehr gross machen musste. Ich zog daher vor, die Gesammtmasse des Blutes in 0·7 procentiger NaCl-Lösung gleichmässig zu vertheilen und dann den Gehalt dieser Mischflüssigkeit an Blutkörperchen in mehreren Proben zu ermitteln, ebenso wie die Menge derselben. Die Ausführung dieses Programms war auch nicht ganz einfach. Der Versuch, die Blutkörperchen durch Ausspülung mit 0·7 procentiger NaCl-Lösung zu gewinnen, gelingt nicht. Der sogenannte blutleere Salzfrosch enthält immer noch sehr viele Blutkörperchen, und spült man so lange, bis die mikroskopische Probe keine Blutkörperchen mehr in dem Frosch zeigt, so kann man Tage verwenden und erhält Flüssigkeitsmengen, die man nicht mehr bewältigen kann. Ich zerhackte resp. zermalmte daher den Frosch mit einer Fleischhackmaschine, wie sie zur Herstellung von Fleischpulver gebraucht wird, zu einem feinen Brei. Das Innere einer solchen Maschine ist emaillirt, alle Metalltheile sind vernickelt, so dass mit NaCl-Lösung der Brei sich vollständig ausspülen lässt. Der Waschlösung wurde natürlich die Mischflüssigkeit zugefügt und das Ganze gemessen.[1] Bei einem solchen Verfahren fürchtete ich zuerst, dass das

[1] Vielleicht wird es gut sein, die genaue Beschreibung der Ausführung von solchen Versuchen zu geben. Ein Frosch, dessen Gewicht und erste Blutconstante bestimmt ist,

Hautsecret des Frosches, welches ja der Flüssigkeit beigemengt wird, zerstörend auf die Blutkörperchen einwirken könne. Es wurden daher zwei gleiche Frösche ausgewählt, von denen der eine enthäutet, der andere mit der Haut diesem Verfahren unterworfen wurden. Dabei erhielt ich von dem letzteren die höheren Zahlen, so dass die Wirkung des Hautsecretes jedenfalls geringer ist, als die Zahl der Blutkörperchen, welche in der abgezogenen Haut zurückbleiben.

Es zeigte sich bei meinen Versuchen bald, dass die Blutkörperchen einen anderen, schlimmeren Feind haben, nämlich die Kochsalzlösung. Ich benutzte anfangs eine 0·7 procentige, später eine 3 procentige. Beide sind ausser Stande, für die Dauer von vier bis fünf Stunden, die der Versuch in Anspruch nimmt, und unter dem Einfluss des Reibens und Schüttelns die Blutkörperchen vor der Auflösung zu bewahren. Sie genügen nur für eine bis zwei Stunden. Ich fand aber vorzüglich geeignet eine Flüssigkeit, welche besteht aus 1 Theil concentrirter Kaliumbichromatlösung auf 6 Theile 0·7 procentiger NaCl-Lösung. Von dieser werde ich für die Folge immer als der Conservirungsflüssigkeit reden. Zunächst handelte es sich darum, die Blutkörperchen aus dem Fleischbrei auszulaugen. Zu diesem Zwecke wird das gesammte Fleischflüssigkeitsgemisch durch ein starkes Tuch geseiht und der Rückstand gut ausgepresst. Wenn derselbe fast trocken ist, bringt man ihn in eine Reibschale, wo er unter Conservirungsflüssigkeit längere Zeit zerrieben wird. Der auf diese Weise erhaltene Brei wird wieder abgepresst, das Filtrirtuch mit der Spritzflasche tüchtig abgewaschen,

---

wird unter einer noch näher zu beschreibenden Conservirungsflüssigkeit verblutet, mit einer Scheere in grössere Stücke zerschnitten. Dann bringt man dieselben in die Fleischhackmaschine, welche vorher mit Conservirungsflüssigkeit angefüllt wurde und die, da sie nicht ganz wasserdicht schliesst, in einem Blechkasten steht. Jetzt wird die Maschine in möglichst schnellen Gang gesetzt. Nach etwa 5 Minuten lässt man die Flüssigkeit mit dem allmählich entstehenden Fleischbrei abfliessen und bringt das Gemisch wieder in die Maschine zurück. Nach etwa ferneren 5 Minuten öffnet man zum zweiten Male die Ausflussöffnung ohne das Ausgeflossene wieder in die Maschine zurückzubringen. Es bleiben aber sehr viele Stücke von zäherem Fleische, von Knochen und besonders von Haut im Apparat zurück, und um dieses zu verkleinern muss man denselben wohl 20 Minuten im vollsten Gang erhalten. Von Zeit zu Zeit lässt man wieder abfliessen, giesst frische Conservirungsflüssigkeit zu und wiederholt das so lange, bis die Hälfte der zum Versuche nöthigen Conservirungsflüssigkeit verbraucht ist, wobei dann der ganze Frosch mit Ausnahme einiger Hautstücken zum feinsten Brei geworden ist. Ist der Versuch so weit gediehen, so öffnet man die Hackmaschine, um sie gründlich ausspritzen zu können, wozu ich mich einer mit Conservirungsflüssigkeit beschickten Spritzflasche bediente, welche, um einen stärkeren Flüssigkeitsstrom zu erhalten, mit einem Kautschukgebläse versehen ist. Diese Operation muss mit der peinlichsten Sorgfalt und mit einer genügend grossen Flüssigkeitsmenge ausgeführt sein, sollen nicht Blutkörperchen in der Maschine zurückbleiben.

worauf der Rückstand wieder in die Reibschale kommt und obige Behandlung wieder von Neuem beginnt. Dies wird so lange wiederholt, bis keine Blutkörperchen sich mehr in der abgepressten Flüssigkeit zeigen. Ebenso wenig dürfen sie in dem Rückstand zu finden sein. Alle Flüssigkeiten werden nunmehr vereinigt, gemessen, und es kann die Zählung der Blutkörperchen in denselben beginnen. Dazu müssen sie aber ganz gleichmässig vertheilt sein, und das kann nur durch eine mechanische Vorrichtung geschehen, da sie ja durch ihre grössere Schwere fortwährend zu Boden gezogen werden. Schütteln genügt dazu nicht, weil man nicht gleichmässig schüttelt und weil man, um eine Probe zum Zählen zu entnehmen, mit Schütteln aufhören müsste. Ich bediente mich folgenden Apparates: In den Boden eines etwa 1100 ^{Ccm} fassenden hohen Glascylinders, ist ein Metalllager zur Aufnahme des Zapfens einer Welle eingelassen. Diese Welle trägt vier kreuzweis gestellte Metallflügel und läuft oben in dem Loch einer Messingscheibe, welche den Cylinder verschliesst. Die Metallflügel haben zwei Drittel der Höhe des Cylinders und sind von einer Menge grosser Löcher durchbohrt. Zwei derselben bestreichen fast die Wand des Cylinders, stehen aber einen Centimeter von der Welle ab, während die anderen zwei der Welle ganz anliegen, von der Cylinderwand hingegen anderthalb Centimeter entfernt sind. Unten sind die Flügel in einer Richtung etwas aufgekrümmt, so dass die unterste Flüssigkeitsschicht beim Schwingen vom Boden aufgehoben und mitgeschüttelt wird. Es bleibt auf diese Weise kein Theil der Flüssigkeit unbewegt und doch hat dieselbe überall die Möglichkeit, auszuweichen und wird nicht einfach im Kreise herumgewirbelt. Das Drehen des Apparates wird durch einen Wassermotor besorgt, dessen Transmission durch einen Schnurlauf mit einer Rolle verbunden wird, die am oberen Ende der Welle angebracht ist. Es kam nun darauf an, dem Apparate Zahlproben zu entnehmen, ohne die Rotation zu unterbrechen. Zu diesem Zwecke war in der Höhe von 5 ^{cm} die Wandung des Glascylinders durchbohrt und ein Röhrchen in dieselbe eingeschmolzen, aus dem die Flüssigkeit tropfenweise ausfliessen konnte. Sobald der Apparat rotirte, wurden die Tropfen in Intervallen gezählt, bis eine Reihenfolge gleicher Zahlen in den aufeinander folgenden Tropfen ergab, dass die Mischung nunmehr eine gleichmässige sei. Dies trat gewöhnlich nach zwanzig Minuten ein. Die folgende Tabelle giebt nun eine Uebersicht über die Resultate einer Reihe von Bestimmungen, die auf diese Weise ausgeführt wurden.

Die erste Spalte ergiebt die Zahl der Blutkörperchen, welche in einem Tropfen Blutes gefunden worden, das den Fröschen entnommen wurde, bevor sie in den Apparat kamen, die letzte Spalte die mit Hülfe des Apparates vermittelte Gesammtzahl.

Tabelle 5.

1.	783 000	826 605 000
2.	850 000	1 142 850 000
3.	848 000	1 001 000 000
4.	856 000	1 290 000 000
5.	1 074 000	1 161 440 000
6.	796 000	938 150 000

Man sieht hieraus, dass die Gesammtzahl der Blutkörperchen zwischen 826 und 1290 Millionen, also um 1000 Millionen herum schwankt.

Durch Vergleichung der ersten mit der letzten Zahl lässt sich auch berechnen, wie gross die Blutmenge eines Frosches bei ungestörter Circulation in uneröffneten Gefässen etwa sein mag. Denn für diesen Fall lässt sich annehmen, dass die Blutkörperchen annähernd gleichmässig vertheilt sind. Es ergiebt sich für

Tabelle 6.

1.	1050 cmm	=	1·05 ccm
2.	1300 „	=	1·3 „
3.	1170 „	=	1·17 „
4.	1500 „	=	1·5 „
5.	1050 „	=	1·05 „
6.	1170 „	=	1·17 „

Diese Frösche hatten, obgleich nicht unähnlich, doch nicht genau das gleiche Gewicht. Die folgende Tabelle giebt in der zweiten Spalte das Gewicht des Frosches, in der dritten die Blutmenge, in der vierten das Verhältniss der Blutmenge zum Körpergewicht unter der Voraussetzung eines specifischen Gewichtes des Blutes = 1 berechnet, in der fünften Spalte die Menge der Blutkörperchen für 1 grm Körpergewicht.

Tabelle 7.

1.	35 grm	1·05 ccm	3 %	23 617 285
2.	42 „	1.3 „	3·2 „	27 210 713
3.	37 „	1·17 „	3·0 „	27 054 054
4.	40 „	1·50 „	3·75 „	32 250 000
5.	30·5 „	1·05 „	3·5 „	38 080 000
6.	38 „	1·17 „	3·0 „	22 056 578

Die Procentzahlen der Blutmenge zum Körpergewicht sind offenbar zu niedrig, weil das specifische Gewicht des Froschblutes höher ist als 1. Die Abweichung ist aber nicht gross, das specifische Gewicht des Froschblutes ist jedenfalls nicht hoch, und der Fehler fällt wahrscheinlich innerhalb der Fehlergrenze einer solchen Bestimmung, d. h. er ist geringer als ein Zehntel. So können diese Zahlen als Näherungswerthe jedenfalls dienen und zeigen, dass der Frosch etwa halb so viel Blut auf die Einheit des Körpergewichts hat, wie das Säugethier.

Nachdem das Verfahren zur Bestimmung der Gesammtzahl der Blutkörperchen und der von ihr abhängigen Werthe ausgebildet war, liess sich dasselbe mit Leichtigkeit zur Untersuchung des Einflusses der Trockenheit verwenden.

Es wurden eine Anzahl Frösche in die Trockenbehälter gebracht und nach zwei, fünf, acht und neun Tagen die Zahl ihrer Blutkörperchen ermittelt. Die folgende Tabelle zeigt die gefundenen Zahlen, verglichen mit dem Mittelwerth der normalen Frösche.

Tabelle 8.

Mittelwerth der normalen Frösche	Zahl der Blutkörperchen in Cmm.	Gesammtzahl der Blutkörperchen.	Blutmenge. in Ccm.
2 Tage Trockenheit	1170800	1143000000	0·977
2 „ „	1246000	965960000	0·800
5 „ „	1501000	812000000	0·540
8 „ „	2174000	560000000	0·260
9 „ „	1038000	888720000	0·880

Zur Ergänzung dieser Tabelle füge ich noch eine Uebersicht über die Beziehung zum Körpergewicht bei.

Tabelle 9.

Mittelwerth der normalen Frösche	Körpergewicht in Grammen	Verhältniss der Blutmenge zum Körpergewicht	Zahl der Blutkörperchen pro Gramm Körpergewicht
2 Tage Trockenheit	37	2·6 %	30891000
2 „ „	36	2·2 „	26833000
5 „ „	37	1·4 „	21945000
8 „ „	37	0·7 „	15135000
9 „ „	52	1·4 „	16768000

Dieses Resultat lässt nun keinen Zweifel, dass, während die Zahl der Körperchen in der Volumeinheit fortwährend zunimmt, die Gesammtzahl

mit der Trockenheit immer mehr abnimmt. Und das rührt von einer ganz ausserordentlichen Eindickung her, denn die Blutmenge nimmt noch viel rascher ab, als die Gesammtzahl. Man kann sich also den Vorgang so denken: die Trockenheit bewirkt durch Verdunstung eine Wasserabgabe der Gewebe, an der das Blut direct wie indirect betheiligt ist. Die Folge ist eine Concentration des Blutes und es steigt die Menge der Blutkörperchen in der Volumeinheit. Diese Concentration wirkt aber auch verändernd auf das Plasma ein, dessen Salzgehalt vor allem sich vermehrt. Darin ist vielleicht die nächste Ursache gegeben, weshalb es nun zur Zerstörung der Blutkörperchen kommt, und zwar in einem Maasse, dass in acht Tagen mehr wie 600 Millionen Blutkörperchen, über die Hälfte der Gesammtmenge, verschwinden. Was aus deren Bestandtheilen wird, darüber kann ich zunächst keine Auskunft geben, nur möchte ich darauf hinweisen, dass in dieser Periode der Trockenheit die Milz colossal anschwillt. Ich glaube, dass der hier nachgewiesene Einfluss der Trockenheit und Nässe auf die Blutkörperchen in dem Haushalt des Frosches eine grosse Rolle spielt. Erstens schwankt der Frosch, je nachdem er sich auf dem Lande oder im Wasser aufhält, allerdings in geringerem Grade, zwischen beiden Zuständen und darin mag mit ein Moment liegen, durch das er sein Blut den veränderten Athmungsverhältnissen anpasst. Dann aber sehen wir zu manchen Zeiten des Jahres die Frösche Tage lang auf Steinen oder im trockenen Schlamme liegen und sich kaum geringeren Graden der Trockenheit aussetzen, als es hier experimentell geschehen ist, und dann müssen in ihnen massenhaft Blutkörperchen zerstört werden. Jedenfalls hat das doch einen ganz bestimmten Zweck für den Haushalt der Gewebe.

Eine besondere Untersuchung verdiente noch der Frosch, bei dem am neunten Tage die Zahl der Blutkörperchen wieder grösser ist, als sie bei den anderen am achten Tage war. Ich glaube nicht, dass es sich um einen Ausnahmefall handelt, oder vielleicht darum, dass dieser Frosch aus seinem Behälter entkommen war und die Nässe aufgesucht hatte. Das Blut dieses Frosches hat mir vielmehr den Eindruck gemacht, als ob, nachdem ein Minimum der Blutkörperchenzahl erreicht war, jetzt plötzlich wieder eine Neubildung von Blutkörperchen eingetreten sei. Es ist mir aber zu schwer geworden, mehrere Frösche bis zu dieser Periode der Neubildung durchzubringen, als dass ich diesen Fall hätte genauer untersuchen können.

Beobachtungen an lebenden Drüsen mit und ohne Reizung der Nerven derselben.

Von

Dr. Otto Drasch.

(Hierzu Taf. II—VI.)

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

In einer kurzen Mittheilung in Müller's *Archiv* „Ueber die Hautdrüsen der Frösche"[1] beschreibt Ascherson seine Beobachtungen an den lebenden Drüsen mit folgenden Worten: „Die Drüsen sind beim lebenden Thiere mit einem hohen Grade von Contractilität begabt, die sich durch sehr merkliche Veränderungen ihrer Form und Grösse zu erkennen giebt. In dem Zustande, der der gewöhnliche zu sein scheint, ist die Gestalt der Drüsen regelmässig, entweder rund oder oval, man findet aber häufig einzelne, die kleiner sind und dabei eine eckige verzogene Form haben. Beobachtet man die Drüsen eine Zeit lang, so gelingt es nicht selten wahrzunehmen, dass dieselbe Drüse ihre Gestalt unter den Augen des Beobachters verändert, entweder aus der regelmässigen in die contrahirte oder umgekehrt (übergeht), und sich dabei verkleinert oder vergrössert. Ebenso verändern sich die Oeffnungen, indem sie sich erweitern oder schliessen. Dass beide Veränderungen mit einander verbunden sind, habe ich mit Bestimmtheit nicht wahrnehmen können; ich habe sowohl expandirte als contrahirte mit offenen und geschlossenen Mündungen gesehen . . . Man kann die Contractionen der Hautdrüsen ganz willkürlich hervorrufen, wenn man die Stelle mit einer Salmiaklösung befeuchtet. Sehr bald nachher verlieren die Drüsen ihre regelmässige Gestalt, die Wandungen verdünnen sich merklich und die Oeffnungen erweitern sich in der Regel. Gewöhnlich verdickt sich die

---

[1] Jahrgang 1840. S. 15.

Wandung bald wieder und man bemerkt mehr oder weniger deutlich, dass sie wie ein Rosenkranz sich an einzelnenen Stellen auftreibt, und an anderen einschnürt. . . . Bei den spontanen Contractionen der Drüsen fehlt die Verdünnung der Drüsenwand, sie scheint sich vielmehr durch partielle Auftreibung zu verdicken."[1] „Als Inhalt der Drüsen zeigt sich eine bald mehr bald minder deutlich zu erkennende körnige Substanz, in welcher jedoch gewöhnlich einige den sogenannten Lymphkörperchen völlig ähnliche granulirte Körperchen mit Bestimmtheit wahrzunehmen sind."[2]

Später hat C. Eckhard[3] bei Kröten nach Decapitation und Reizung des durchschnittenen und isolirten Plexus ischiadicus eine Secretion der Hautdrüsen constatirt. Nach ihm sollen „die die Entleerung des Secrets vermittelnden Fasern" in den vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven liegen. Auch fand er, dass die Drüsen „Muskeln, Bindegewebe und cerebrospinale Nervenfasern enthalten".

Engelmann, welcher die Arbeit Ascherson's wieder an das Licht zog, ging zuerst an eine systematische Bearbeitung der in Rede stehenden Drüsen und zog auch jene der Nickhaut in den Kreis seiner Studien. Doch beziehen sich seine Angaben hauptsächlich auf die Drüsen der Schwimmhaut. Die Resultate derselben hat er in zwei vorläufigen Mittheilungen[4] später in einer ausführlicheren Darstellung[5] niedergelegt. Letztere zerfällt in einen anatomischen und in einen physiologischen Theil.

In jenem spricht sich Engelmann dahin aus, dass in der Haut des Frosches zweierlei Arten von kolbenförmigen Drüsen sich vorfinden, Körnerdrüsen, deren Vorkommen nur auf bestimmte Gegenden beschränkt ist, welche den Giftdrüsen der Kröten entsprechen, und Schleimdrüsen, denen der weitaus grösste Antheil an der Secretionsarbeit der Haut zukommt.

Die Körnchendrüsen fehlen der Nickhaut.

Die Wand beider Drüsenarten besteht aus einer contractilen Haut, welche aus spindelförmigen, innig aneinander gelagerten, glatten Muskelzellen zusammengesetzt ist. Ihre Richtung ist im Allgemeinen eine meridionale, so dass deren Spitzen gegen den oberen und unteren Pol der Drüsen

---

[1] A. a. O. S. 21 ff.

[2] A. a. O. S. 20.

[3] Ueber den Bau der Hautdrüsen der Kröten und die Abhängigkeit der Entleerung ihres Secretes vom centralen Nervensystem. *Dies Archiv.* 1849. S. 425.

[4] Ueber das Vorkommen und die Innervation von contractilen Drüsenzellen in der Froschhaut. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1871. Bd. IV. S. 1. — Ueber die elektromotorischen Kräfte der Froschhaut, ihren Sitz und ihre Bedeutung für die Secretion. *Ebenda.* S. 321.

[5] Die Hautdrüsen des Frosches. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1872. Bd. V. S. 498.

convergiren. Schon früher aber wurde die musculöse Natur der Membrana propria der Hautdrüsen von Hensche,[1] Leidig,[2] Ciaccio,[3] Sczesny[4] und Eberth[5] constatirt. Letzterer spricht allerdings den Drüsen der Schwimmhaut und Membrana nictitans eine Muskelhülle ab.

Auch L. Stieda[6] spricht nur bestimmten Drüsen eine contractile Hülle zu (contractile Drüsen) und unterscheidet neben diesen noch Drüsen mit rundlichen Zellen und trübem Inhalt, dunkle Drüsen, und Drüsen mit cylindrischen durchsichtigen Zellen, helle Drüsen.

Die Auskleidung der contractilen Haut besteht für die Körnchendrüsen aus kegel- oder cylinderförmigen Becherzellen mit offenem Lumen, die zum grössten Theil ausgefüllt sind mit rundlichen, stark lichtbrechenden Körnchen und nur zum kleineren Theile von Protoplasma eingenommen sind.

Das eigentliche Epithel der Schleimdrüsen bildet eine einfache Lage von Zellen, welche „im lebenden ausgedehnten Zustande der Drüse meist das Bild einer einzigen, hautartig zusammenhängenden Protoplasmamasse macht, indem die Zellen bis zum Verschwinden sichtbarer Grenzen einander genähert sind". Die Form der Zellen hängt ganz vom jeweiligen physiologischen Zustande der Drüse ab. Sie ist eine cubische bei mässiger Ausdehnung des Drüsenlumens, eine abgeplattete bei maximaler Erweiterung desselben. Hoch und schmal, lang cylindrisch, kegel- oder keilförmig sind die Zellen in völlig contrahirten Drüsen. Nicht alle Zellen sind gleich gross, auch nicht innerhalb derselben Drüse. In der Regel sind einige Zellen derselben Drüse viel körnerreicher, als die anderen. Auch kleine Vacuolen kommen mitunter, namentlich beim Absterben, im Protoplasma vor. Ebenso werden öfter darin braune Pigmentkörnchen wahrgenommen.

Das Lumen der Drüse, dessen Form und Grösse vom Thätigkeitszustande der Drüse abhängt, ist mit einer farblosen, vollkommen durchsichtigen, wässerigen Flüssigkeit gefüllt, welche etwas Schleim enthält.

Zu jeder Drüse treten dünne, blasse, cylindrische Nervenfasern, vereinzelte ovale Kerne enthaltend. Sie lösen sich an der Oberfläche der Drüse durch wiederholte Theilung in zahlreiche, die Muskelhaut eng ein-

---

[1] Ueber die Drüsen und glatten Muskeln in der äusseren Haut von Rana temporaria. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie.* 1856. Bd. VII. S. 273.

[2] *Histologie.* 1857. S. 84.

[3] Intorno alla minuta fabbrica della pelle della Rana esculenta. Palermo 1867. (*Estratto dal Giornale di Scienze Naturali ed Economiche.* Vol. II. Part. IX—XI.) (Mir nicht zugänglich, Citat nach Engelmann.)

[4] *Beiträge zur Kenntniss der Textur der Froschhaut.* Inaugural-Dissertation. Dorpat 1867. (Citat nach Engelmann.)

[5] *Untersuchungen zur normalen und pathologischen Anatomie der Froschhaut.* Leipzig 1869.

[6] Ueber den Bau der Haut des Frosches. *Dies Archiv.* 1865. S. 52.

spinnende Fäserchen von grösster Feinheit auf, welche mit den Muskelzellen in Verbindung treten. Bis in's Epithel sind Fasern nicht zu verfolgen. Schnitte aus gehärteten Drüsen hat Engelmann nicht untersucht, und er macht bei Besprechung der „dunkeln“ und „hellen“ Drüsen Stieda's und der „kleinen dunkeln“ und „mittelgrossen hellen“ Eberth's auf die „Gefährlichkeit mikroskopischer Forschung, welche nicht den lebenden, sondern den todten Organismus zu ihrem obersten Gegenstand wählt,“ aufmerksam. Es sei kein Grund vorhanden, solche Eintheilungen zu treffen, vielmehr seien obige Unterschiede durch die physiologischen Zustände derselben Drüsengattung bedingt.

Im physiologischen Theile äussert sich Engelmann zunächst über die Drüsenbewegung. Er sagt: „unablässig ändern sich ihre Form, ihre Dimensionen, Gestalt und Beschaffenheit des Epithels, Grösse und Form des Drüsenlumens. Aber die Geschwindigkeit, mit der diese Aenderungen vor sich gehen, ist sehr verschieden. Es giebt Zustände und Zeiträume, in welchen es minutenlang fortgesetzter, messender Beobachtungen bedarf, um überhaupt Veränderungen an den Drüsen zu constatiren. Zu anderen Zeiten, unter anderen Bedingungen, nimmt die Drüse innerhalb weniger Secunden eine so ganz andere Gestalt, ein so völlig verschiedenes Aussehen an, dass man zweifeln könnte, noch dasselbe Organ vor sich zu haben.“ Er hebt aber hervor, dass weder alle Drüsen der Haut, noch die verschiedenen Thiere immer das nämliche Aussehen zeigen. In der Regel sind die meisten Drüsen in ziemlich ausgedehntem Zustand vorhanden. Durchschneidung des N. ischiadicus, völlige Zermalmung des Rückenmarkes hebt in den meisten Fällen alle auf Verengerung des Drüsenlumens abzielenden „spontanen“ Bewegungen sogleich und dauernd auf. Nicht unterbrochen wird aber dadurch die Ausdehnung der Drüsen, sie wird vielmehr befördert. Engelmann schliesst daraus, dass die Zusammnziehung der Drüsen, nicht aber Ausdehnung unter normalen Bedingungen von den Nerven aus angeregt wird, und sich die Hautdrüsen während des Lebens für gewöhnlich in einem Zustande tonischer Contraction befinden.

Ferner entdeckte er, dass von jedem Orte des Körpers aus die Drüsen auf reflectorischem Wege zur Contraction gebracht werden können.

Zur Contraction können Drüsen, wenn sie ihres Nerveneinflusses vollständig beraubt sind, auch noch gebracht werden durch eine Reihe verschiedener Einwirkungen. Wird der Ischiadicus durchschnitten und einige Monate darauf eine Schwimmhautdrüse direct elektrisch gereizt, so contrahirt sich dieselbe ganz deutlich. Auch bestimmte chemische Reagentien in Gasform rufen Contractionen der Drüsen hervor.

Was die Mechanik der Drüsenbewegung anlangt, so kommt Engelmann zu dem Schlusse, „dass die Verengerung des Drüsenlumens nach Reizung

unter normalen Bedingungen im Wesentlichen nur die Folge einer Contraction der glatten Faserzellen in der Drüsenwand ist. Unterstützend können wirken die elastischen Kräfte der übermässig ausgedehnten Epithel- und Muskelhaut, zweitens Quellung der Epithelzellen. Letztere ist in einigen Fällen die alleinige oder doch hauptsächliche Ursache vom Verschwinden des Lumens. (Pseudocontraction).

Die Erweiterung der Drüsen wird durch elektromotorische Kräfte bewerkstelligt.

Den Mechanismus der Secretion fasst Engelmann mit den Worten zusammen: „eine eigenthümliche, zu Muskelfasern umgebildete Art von Drüsenepithelzellen bewirkt mittels ihrer elektromotorischen Kräfte eine continuirliche Flüssigkeitsströmung aus dem umgebenden Gewebe in die Drüsenhöhlung hinein und sorgt zugleich durch ihre contractilen Kräfte von Zeit zu Zeit für Ausstossung des angesammelten Secrets. Das eigentliche innere Drüsenepithel, dessen Hauptverrichtung nun nur auf der chemischen Seite des Absonderungsprocesses in der Bereitung specifischer Secretbestandtheile gesucht werden kann, spielt hierbei einfach die Rolle einer feuchten Membran."

Die Untersuchungen Stricker's und Spina's [1] angestellt an den lebenden Drüsen der Schwimmhaut und den überlebenden der ausgeschnittenen Nickhaut, sind im Allgemeinen eine Bestätigung der Angaben Ascherson's und Engelmann's was die Veränderungen des Drüsenepithels betrifft.

Sie stellen eine gewisse Systematik für das Aussehen der Drüsen auf, indem sie, mit Rücksicht auf den grössten optischen Querschnitt derselben, einen ringförmigen und einen pfropfartigen Zustand der Drüsen als Grenzen bezeichnen, innerhalb welcher die Gestalt der Drüsen sich mannigfaltig ändern kann. Jener entspricht dem Zustande der Drüse, in welchem der Epithelbeleg auf das Aeusserste verkleinert ist, einen Saum bildet, dieser bezeichnet den Zustand der Drüse, wenn die Zellen das Lumen ganz ausfüllen.

Bei elektrischer Reizung der (ausgeschnittenen) Nickhaut fanden sie, dass der äussere glatte Contour des Drüsenkörpers Buchten bekommt, „gleichsam, wie wenn die Drüse mit Bändern eingeschnürt würde," und dass mit dem Einbruche des Stromes oder nach einer Latenz von wenigen Secunden die Zellen sich zu vergrössern anfangen, dabei ihre inneren freien Säume gegen das Innere des Drüsenraumes verschieben, bis das Drüsenlumen vollkommen geschwunden ist.

Nach der Reizung kehren die Drüsen allmählich in ihre Lage zurück, ohne jedoch ihre ursprüngliche Form wieder vollständig zu erlangen. Die

---

[1] Untersuchungen über die mechanischen Leistungen der acinösen Drüsen. *Wiener Sitzungsberichte.* 1879. Bd. LXXX. Abth. III. S. 95.

Veränderungen des äusseren Contours bleibt bei Reizung häufig aus, nicht aber die Bewegung der Drüsenzellen. Auch tritt bei Reizung die Bewegung der Zellen nicht immer in der ganzen Circumferenz der Drüse auf.

Stricker und Spina lassen es nun dahingestellt, ob die Contraction der Drüsen durch Muskelfasern oder durch andere Elemente bedingt wird, aus der Vergrösserung der Zellen auf Nervenreiz hin ziehen sie aber den Schluss, dass die Drüsenzellen durch den Reiz in Bewegung gerathen, und die Vergrösserung der Zellen (Pseudocontraction Engelmann's) eine Folge dieser Bewegung ist. Ferner sehen sie in dieser activen Zellenvergrösserung einen Beweis für die Existenz von Drüsenzellennerven, deren Erregung aber nicht die Difussion anregt, sondern lediglich die Zellen in Bewegung setzt.

Obwohl es beiden Forschern gelang, die Erscheinungen der Contraction und Zellvergrösserung unabhängig von einander zu beobachten, konnten sie besondere Nervenfasern dafür nicht auffinden, auch nicht durch Wirkung bestimmter Gifte.

Einen Untergang und die Neubildung von Secretionszellen stellen sie zwar nicht direct in Abrede, bestreiten aber, dass sich nothwendig an jede Secretion diese Vorgänge knüpfen.

Auf Grund ihrer Untersuchungen stellen Stricker und Spina folgende Secretionshypothese auf: „Auf den Nervenreiz entleert die Drüse der Froschhaut ihr Secret und ladet sich zugleich mit neuer Flüssigkeit aus ihren Bezugsquellen. Diese doppelte Leistung wird einerseits durch die Einschrumpfung der äusseren Contouren, durch die Contraction des Acinus und andererseits dadurch aufgebracht, dass die sich vergrössernden Zellen den Inhalt des Acinus vor sich hertreiben, richtiger gesagt, vor sich hertreiben helfen, während sie sich von aussen her füllen. Wenn der Nervenreiz nachlässt, kehren die Zellen auf ihren früheren Zustand zurück, sie contrahiren sich und entleeren ihre Ladung in den Drüsenacinus. Während der Dauer des Reizes werden also die Zellen geladen; nach dem Reize geben die Zellen ihre Ladung her, um damit den Drüsenraum zu füllen.“

Die Drüsen ruhen, wenn man an den Zellen keine äussere Bewegung wahrnehmen kann und es können daher die Zellen im geladenen und entladenen Zustande ruhen. Bei intactem Kreislaufe verharren die Zellen in der Regel im geladenen Zustande nicht. Sie werden zur Entladung (Contraction) angeregt, sobald die Innervation nachlässt.

Dieser Secretionshypothese trat Heidenhain[1] entgegen. Er weist darauf hin, dass die activ sich vergrössernden Zellen in Folge des in ihnen entstehenden negativen Druckes weit eher die in dem Lumen der Drüse bereits vorhandene Flüssigkeit aufsaugen könnten, mit welcher sie unmittel-

[1] Hermann's *Handbuch der Physiologie.* Bd. V. S. 414.

bar in Berührung stehen, als die ausserhalb der Drüsenwand befindliche Flüssigkeit, welche ja doch, um in die Zellen zu gelangen, erst den Widerstand der Wand zu überwinden hat. Man müsste behufs einer Beantwortung dieser Fragen die Hypothese Stricker's und Spina's durch Hülfshypothesen ergänzen.

Aber auch aus einem zweiten Grunde ist sie nicht hinreichend. Wenn nach derselben die Zellen während der Nervenreizung sich vergrössern und dadurch Flüssigkeit aus der Drüse verdrängen, nach Unterbrechung des Reizes sich wieder verkleinern, so wird bei lange anhaltender Reizung die Entleerung sich auf die erste Zeit derselben beschränken müssen, da ja während der Dauer der Erregung die Zellen vergrössert bleiben. Aus einer Speicheldrüse fliesst aber das Secret bei passender Reizung ununterbrochen aus. Auch die Existenz „trophischer“ Nerven hält Heidenhain gegenüber Stricker und Spina aufrecht.

Erstere Einwände Heidenhain's sucht Spina[1] durch den Hinweis auf zwei Experimente, welche er über die Richtung des Secretionsstromes anstellte, zu entkräften. Ein frisch ausgeschnittenes Hautstückchen vom Oberschenkel des Frosches wurde gefaltet in Blutserum untersucht. Die Drüsen an der Umschlagsstelle wurden während einer kurz andauernden Reizung beobachtet. Das ausströmende Secret formte sich zu Tropfen und es waren so viele Schleimklümpchen zu sehen als Drüsen vorhanden waren. Die Grösse dieser Tropfen entsprach der Grösse des ursprünglichen Drüsenlumens. Die Annahme, so schliesst Spina, es könnten sich die Drüsenzellen bei ihrer Vergrösserung mit dem Inhalte des Acinus laden, ist daher unwahrscheinlich. Dann fütterte er Fliegenmaden mit durch Methylviolett gefärbtem Fleische. Gewisse Drüsen, welche in den Verdauungsschlauch münden, können nun in Thätigkeit beobachtet werden. Man sieht, wie von Zeit zu Zeit kleine Mengen des blaugefärbten Drüseninhaltes aus der Drüse in den Darmcanal übertreten. Also sei auf das Bestimmteste bewiesen, dass sich die Drüsen von aussen her laden, da das blaugefärbte Secret nur aus der die Leibeshöhle erfüllenden, blaugefärbten Flüssigkeit herstammen kann.

Biedermann[2] bezweifelt die Richtigkeit der Angaben Stricker's und Spina's über die active Beweglichkeit der Drüsenzellen. Nach ihm sind die durch die Reizung bewirkten Formveränderungen der Zellen lediglich passive, bedingt durch die Zusammenziehung der ganzen Drüse und die daraus resultirende Verkleinerung des Innenraumes. Gestützt auf

[1] Dr. Arnold Spina, *Ueber Resorption und Secretion.* Leipzig 1882.

[2] Zur Histologie und Physiologie der Schleimsecretion. *Wiener Sitzungsberichte.* 1886. Bd. XCIV. III. Abth.

vergleichende Untersuchungen von Nickhaut- und Zungendrüsen normaler und pilocarpinisirter Frösche, spricht Biedermann die Ansicht aus, dass ein rasches Zugrundegehen von Drüsenzellen oder theilweise Abschnürungen derselben während der Secretion nicht wahrscheinlich sei. Die Secretion geht unter der Erscheinung einher, dass die dunklen Körnchen der Zellen secernirender Drüsen allmählich verschwinden, und zwar durch Umwandlung in eine quellende, durchsichtige Substanz (Mucin), welche in das Secret übergeht oder vielmehr dasselbe bildet.

Die historische Uebersicht ergiebt, dass die Ansichten der Autoren über den histologischen Bau der Nickhautdrüsen und über ihre secretorische Thätigkeit in wesentlichen Punkten von einander abweichen. Aus der oberflächlichen Beobachtung überlebender Drüsen und dem Aussehen von Schnittpraeparaten glaubte man zwei Drüsenspecies annehmen zu dürfen. Bestimmte Drüsenformen, namentlich gewisse Eigenthümlichkeiten in der Zeichnung der Drüsenzellen sollten der Ausdruck für die Thätigkeit oder Unthätigkeit der Drüsen im Allgemeinen und der Zellen im Besonderen sein. Die von Stricker und Spina gemachte Entdeckung, dass das Volumen der Drüsenzellen durch elektrische Reizung sich ändere, wurde fast ignorirt. Die Secretionshypothesen aber wollte man offenbar der festgewurzelten Ansicht anpassen, dass Bildung des Secretes und Entfernung desselben aus der Drüse periodisch vor sich gehe.

Ich glaube nun einen Schritt in den fraglichen Punkten vorwärts gemacht zu haben, da es mir gelungen ist:

1. ein und dieselbe Nickhautdrüse unter nahezu normalen Verhältnissen im lebenden Zustande mit Erhaltung des Kreislaufes Tage lang zu beobachten,

2. die Drüsen in jeder beliebigen Phase durch Reagentien im mikroskopischen Sehfelde dem lebenden Zustande nahezu entsprechend zu fixiren, und so unmittelbar an der Beobachtung des lebenden Drüsengewebes jene des gehärteten vergleichend anreihen zu können,

3. die Secretion zu demonstriren und damit die Art und Weise derselben festzustellen,

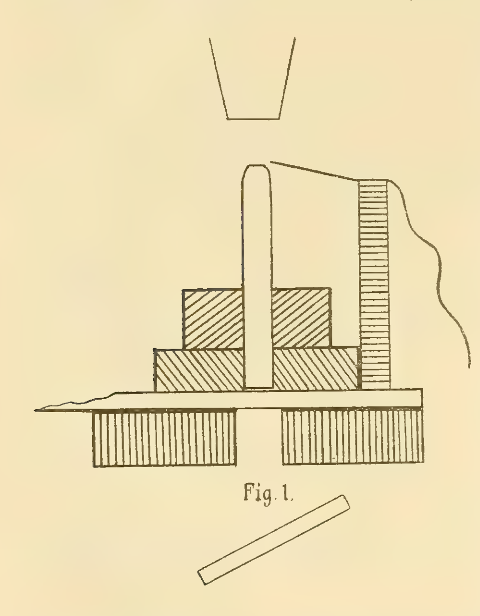
4. durch Messungen zu ermitteln, dass die Verengerung des Drüsenlumens entweder die Wirkung der Contraction der ganzen Drüse, oder aber in der That die Folge der Volumzunahme der Drüsenzellen ist,

5. endlich jene Nerven zu finden, deren gesonderte Reizung entweder nur die Contraction der Drüsen oder nur die Volumszunahme der Zellen zur Folge hat.

Methoden.

Punkt 1 führte ich aus, indem ich die lebende Nickhaut — verwendet wurde ausschliesslich Rana esculenta — durch folgenden einfachen Apparat der mikroskopischen Untersuchung zugänglich machte.

Ein 3 ^{cm} hohes Glasstäbchen von 4 ^{mm} Durchmesser wird an beiden Enden, deren eines abgerundet ist, senkrecht zur Axe abgeschliffen; der Durchmesser der Schliffffläche am abgerundeten Ende beträgt ungefähr 2 ^{mm}. In der Ecke einer 20 ^{cm} langen und 15 ^{cm} breiten Glastafel werden, je 2 ^{cm} von den zwei Tafelkanten entfernt, zwei quadratische Korkplatten übereinander aufgekittet. Die untere Platte misst 2·7 ^{cm} im Gevierte und hat eine Höhe von 7 ^{mm}, die obere 2 ^{cm}, Höhe 8 ^{mm}. Beide Korke sind in der Mitte durchbohrt und dienen zur Aufnahme des Glasstabes, welcher darin unverrückbar feststehen muss. Ausserdem ist an den Korkplatten noch eine prismatische Korksäule, von der Höhe des Glasstabes, angebracht, welche zur Befestigung passender Elektroden dient. Ist also die Glasplatte auf dem Objecttisch befestigt, so befinden sich Korkplatten und Glasstab auf der hinteren rechten Ecke der Glastafel, der Elektrodenträger ungefähr in der Mitte der hinteren Seite der unteren Korkplatte.


Fig. 1.

Die Frösche — schwach curarisirt oder uncurarisirt — werden nun auf folgende Weise praeparirt. Das Thier wird in Rückenlage auf eine Korkplatte gebracht, durch eine Nadel, welche durch die Schnautzenspitze gestossen wird, befestigt, der Unterkiefer zurück gelegt und ebenfalls mit Nadeln befestigt. Darauf wird die Rachenschleimhaut über dem in die Rachenhöhle vordringenden Bulbus — bei der beschriebenen Anordnung des Apparates stets das rechte Auge — kreisförmig abgetragen und unter einem die stärker blutenden Gefässe unterbunden. Nun geht man mit einem krummen Haken hinter dem Auge in die Augenhöhle ein, zieht Musculatur und Sehnerv hervor und legt darum eine Massenligatur an. Dann wird der Bulbus nahe an der Sehnerveneintrittsstelle mit einer Staarnadel geschlitzt, aus der Sklera ein kreisförmiges Stück ausgeschnitten und aus dem Bulbus

mit in 0·7 procentiger ClN-Lösung getränkten Baumwollebäuschchen Glaskörper, Linse u. s. w. entfernt. Man bringt nun den Frosch auf die Glasplatte und steckt den Glasstab in das entleerte Auge. Es liegt zunächst die Cornea über der Schlifffläche ausgespannt; bei einer passenden Drehung des Kopfes gleitet aber die Nickhaut sofort über die Cornea hinüber und man kann selbe nun in der einmal gewählten Lage erhalten, wenn man den Kopf mit Nadeln an den Korkplatten befestigt. Ich habe aus Gründen, welche sich später von selbst ergeben werden, stets die Drüsen in der Gegend des hinteren Nickhautwinkels für meine Beobachtungen gewählt.

Die Nickhaut selbst wird also bei dieser Praeparationsweise in keiner Weise insultirt. Die Anzahl der an einem solchen Praeparate durch Verschieben der ganzen Glasplatte übersehbaren Drüsen wechselt; gewöhnlich sind drei bis fünf vorhanden und diese können nun Tage hindurch beobachtet werden. Ich brachte dabei Objective *E* und *F* von Zeiss in Anwendung, ohne die Nickhaut in der Regel mit einem Deckglassplitter zu bedecken; letzteres that ich nur, um gewisse Erscheinungen schärfer sehen zu können und wenn ich in besonders günstigen Fällen Oelimmersion benützte.

Wird der Frosch nicht curarisirt, so durchschneidet man demselben zuerst die Nn. ischiadici und crurales; im übrigen genügt dann eine sorgfältigere Befestigung des Kopfes am Korke vollkommen, um das Thier zu immobilisiren.

Erwähnen möchte ich noch, dass ich während der Dauer eines Jahres meine Beobachtungen anstellte, daher Frösche jeder Jahreszeit zur Untersuchung verwendet habe.

Der Apparat gestattet ferner die Ausführung des Punktes 2. Ich liess, während ich entweder mit Objectiv *A* oder *E* von Zeiss beobachtete, die betreffenden Reagentien so lange über die Nickhaut fliessen, bis der Kreislauf darin stille stand. Während dieser Zeit lassen sich die durch dieselben hervorgerufenen Veränderungen an den im Sehfelde befindlichen Drüsen mehr oder minder deutlich verfolgen. Capillarschleifen, Chromatophoren u. s. w., welche man sich vorausgehend skizzirt hat, bieten Anhaltspunkte, um die betreffenden Drüsen an der abgetragenen Nickhaut unter dem Praeparirmikroskope wieder zu finden, um sie daselbst mit einem Theile des Nickhautgewebes gesondert ausschneiden und für die beabsichtigte Zerlegung in Schnitte vorbereiten zu können.

Da ich ein Secret als solches weder in dem Lumen der Drüse unterscheiden konnte, noch aus derselben hervordringen sah, so suchte ich dessen Austreten auf der Nickhautoberfläche durch einen Kunstgriff zur Ansicht zu bringen.

Ich brachte zu dem Zwecke an Stelle des von Engelmann verwendeten Zinnobers nach dem Vorgange Merk's,[1] einen Brei fein zerriebener Tusche auf die Nickhaut. Da durch das aus dem Ausführungsgange kommende Secret die Tuschkörnchen in der Gegend der Mündung weggespült werden, so lässt sich dadurch nicht nur die secretorische Thätigkeit oder Unthätigkeit der Drüsen feststellen, sondern auch aus der Geschwindigkeit, mit welcher die Körnchen fortgeschwemmt werden, auf die Energie der Secretion der verschiedenen Drüsen selbst vergleichend schliessen.

Besondere Sorgfalt verwendete ich auf den in Punkt 4 berührten Gegenstand.

Selbstverständlich können die Messungen nur an den optischen Querschnitten der Drüsen ausgeführt werden. Da aber dafür, wie leicht begreiflich, die Anwendung des Ocularmikrometers nicht ausreicht, so habe ich mit dem Zeiss'schen Zeichnungsprisma den grössten optischen Querschnitt der Drüsen auf Papier entworfen und an diesen Zeichnungen die Messungen planimetrisch ausgeführt.

Bei dieser Methode handelt es sich nun darum, bis zu welchem Grade von Genauigkeit, mit Rücksicht auf die Aenderungen der Drüsen, ihr optischer Querschnitt abgenommen werden kann und ob die Resultate der Messungen an demselben auf die ganze Drüse bezogen werden dürfen.

Die Anfertigung der Zeichnungen muss unter allen Umständen so rasch als möglich erfolgen. Bei Drüsen nun, welche längere Zeit hindurch keine Veränderungen zeigen, bietet dieselbe keine Schwierigkeit. Man wird finden, dass die Bleistiftspitze die auf ein fixirtes Blatt Papier einmal entworfenen Contouren nicht verlässt, wenn man die beobachtete Drüse auch wiederholt von Neuem abzunehmen versucht. Dasselbe gilt auch für Drüsen, welche sich zwar fortwährend, aber langsam ändern. In der Regel wird man die zuerst erhaltenen Contouren mit dem Stifte nicht verlassen haben, wenn dessen Projection im Sehfelde ein zweites oder drittes Mal die Drüse umkreist hat. Man hat auf diese Weise zugleich eine Controle der Zeichnungen in der Hand. Andererseits lassen sich aber gerade durch dieses Verfahren an den Drüsen noch Veränderungen nachweisen, welche das blosse Auge nicht zu unterscheiden vermag.

Grosse Uebung ist jedoch erforderlich, wenn es sich um Drüsen mit lebhafterer Gestaltveränderung handelt. In solchen Fällen müssen der äussere und innere Contour in wenigen Secunden gezeichnet werden. Kehrt die Bleistiftspitze bei der Anfertigung beider Contouren jedesmal an ihren Ausgangspunkt zurück, so können auch solche Figuren noch zur Berechnung dienen, obwohl man keine Gewähr dafür hat, dass der innere Contour

[1] Ueber Schleimabsonderung an der Oberhaut der Forellenembryonen. *Wiener Sitzungsberichte.* Bd. XCIII. Abth. III. S. 10.

der Zeichnung genau der Weite des Lumens zu der Zeit entspricht, während welcher der äussere Contour angefertigt worden war.

Von vielen Drüsen endlich ist es überhaupt nicht möglich, einen Abriss zu erhalten, denn schon bei dem Versuche, den äusseren Contour abzunehmen, erhält man in kürzester Zeit nur ein Convolut sich durchkreuzender Curven.

Das Kleinerwerden des Gesammtlumens der Drüse ist dadurch bedingt, dass, abgesehen von der Gestalt des Drüsenumfanges, in der Regel sämmtliche Drüsenzellen von allen Seiten her in radiärer Richtung in dasselbe vordringen. Wenn man nun erwägt, dass der grösste optische Querschnitt einer sich fortwährend ändernden Drüse während der Beobachtung kaum höher oder tiefer rückt, so wird man die Drüsen schematisch mit Kugeln vergleichen können, welche, bei unverrücktem Centrum, gleichmässig an Volumen bald zu- bald abnehmen, und die Veränderungen in allen grössten optischen Querschnitten nahezu gleichsetzen dürfen.

Gerade diese Messungen waren es nun aber, welche mich dazu drängten, nach Nerven zu suchen, deren Erregung offenbar die Schwankungen im Flächeninhalte des ganzen Drüsenquerschnittes und dem des Zellbeleges ein und derselben Drüse, welche aus der Berechnung der Figuren immer zu ersehen waren, bedingen.

Wenn man den Trigeminus freipraeparirt, so findet man, dass der mittlere Ast desselben knapp am Ganglion Gasseri einige Aestchen abgiebt, welche sich bis zum hinteren Nickhautwinkel verfolgen lassen. Ebenso sendet der vordere Ast in seinem Verlaufe Zweigchen zu dem vorderen Nickhautwinkel hin.

Mein Augenmerk wurde dann noch auf einen Nerven gelenkt, welcher mit der Art. cutanea magna am vorderen Schulterblattrande aus der Tiefe kommt und sich in der Haut verbreitet. Dieser zweigt vom Ganglion nervi vagi ab, welches nach Ecker,[1] und wie ich mich selbst überzeugte, durch zwei Fasern mit dem Sympathicus in Verbindung steht. Aus dem makroskopisch zu verfolgendem Verlaufe des in Rede stehenden Nerven in der Haut schloss ich, dass er zur Nickhaut und deren Drüsen in Beziehung stehen könnte. Ich werde ihn im Folgenden der Kürze wegen mit „Sympathicus“ bezeichnen. Die gesonderte Reizung des Trigeminus und „Sympathicus“ ruft nun in der That die in Punkt 5 erwähnte Veränderung an den Drüsen hervor.

Auf Erregung des ersteren contrahirt sich die Membrana propria der Drüsen, auf Reizung des zweiten werden die Drüsenzellen grösser. In jenem Falle ist also die Verkleinerung des Lumens bedingt durch die Schrumpfung der ganzen Drüse, in diesem durch die Volumszunahme der Zellen.

---

[1] *Anatomie des Frosches.* II. Abth. S. 16.

Ich lege auf diese Thatsachen ein Hauptgewicht, weil es mir nicht unwahrscheinlich dünkt, dass ähnliche Verhältnisse auch in den Speicheldrüsen der höheren Wirbelthiere vorliegen mögen.

Die Praeparation des Trigeminus zum Zwecke der Reizung ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden und es ist mir nur gelungen, an den mittleren Ast die Elektroden zu appliciren. Die Rückenhaut des Frosches wird in der Ausdehnung von ungefähr 4 cm bis zur Schnauzenspitze in der Medianlinie geschlitzt, dann beiläufig 1 cm hinter dem Eintritte des „Sympathicus" quer durchschnitten und zurückgelegt, die Fascia dorsalis abgetragen, der M. temporalis hervorgezogen und so weit als möglich ausgeschnitten, der nun zum Vorschein kommende Trigeminusast in der Tiefe lospraeparirt und hinter der Abgabestelle der zur Nickhaut führenden Aestchen durchschnitten.

Leicht gelingt es hingegen, den „Sympathicus" auf die Elektroden zu bringen. Er ist an dem umschlagenen Hautlappen sofort sichtbar; man kann ihn entweder gleichfalls durchschneiden oder einfach sammt dem ihn begleitenden Gefäss unterbinden.

Zur Reizung verwendete ich den im hiesigen Institute gebräuchlichen Schlagwähler von Ludwig. Derselbe liefert nur Oeffnungsschläge, deren Frequenz und Intensität beliebig abgestuft werden kann. Ich muss bemerken, dass ein solcher Apparat für das Gelingen des Versuches fast unentbehrlich ist.

Selbstverständlich müssen für einen Versuch an jedem Nerven besondere Elektroden angelegt und Abblendevorrichtungen an ihnen angebracht werden.

Histologische Untersuchung der Drüsen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen schicke ich voraus, weil sich an ihrer Hand einige Erscheinungen an lebenden Drüsen leichter werden besprechen lassen und weil sie zugleich die Eingangs citirte Warnung Engelmann's nur zu gerechtfertigt erscheinen lassen.

Stricker und Spina haben die Drüsen nach dem Aussehen ihres grössten optischen Querschnittes unter drei Hauptypen gebracht und unterscheiden ein ringförmiges Stadium, ein Mittel- und ein Pfropf-Stadium.

Diese drei Phasen durchlaufen alle Drüsen in kürzeren oder längeren Pausen.

Am ersten erscheint der zellige Beleg in Form eines äusserst schmalen Saumes, in dem Kerne nicht sichtbar sind. Die nach aussen vollkommen

glatte Membrana propria zeigt von Abstand zu Abstand sehr schmale stäbchenartige Kerne.

Als im Mittelstadium befindlich bezeichne ich jene Drüsen, deren Membrana prop. nach aussen ebenfalls glatt ist und deren Zellbeleg entweder ein mehr oder minder breites, nach innen glattrandiges Band darstellt (Mittelstadium mit bandartigem Zellbeleg) oder aber das Drüsenlumen fast vollständig ausfüllt (Mittelstadium mit reducirtem Lumen). Das Zellenprotoplasma erscheint als graue oder gelbliche Masse, durchsetzt von zahlreichen grösseren oder kleineren Körnchen, feinen Stäbchen oder χ-förmigen Gebilden, welche sämmtlich in ihre Formen nachahmenden hellen Höfen liegen (Figg. 1, 2, 3, 4, Taf. III). Vacuolen von wechselnder Gestalt und Grösse können vorhanden sein, oder fehlen. Sind „Körnerzellen“ in der Drüse, so treten sie deutlich begrenzt hervor, im Uebrigen sind aber weder Zellgrenzen noch Kerne zu sehen, erstere manchmal durch eine dunkle Streifung angedeutet. Oft bieten diese Drüsen ein Ansehen dar, als ob die Drüsenzellen nach aussen von einem Kranz aus Spindelzellen eingefasst würden. Es sind dies nichts weiter als die stark nach dem Drüseninneren vorgewölbten Kerne der Membr. prop. Was die „Körnerzellen“ selbst betrifft, so bemerkt auch Biedermann, „dass nicht in allen Fällen und nicht unter allen Umständen solche in der Nickhaut gefunden werden“. Man stösst auf Nickhäute in deren Drüsen sie ganz fehlen, in anderen findet man zwei bis drei in jeder Drüse, ja es kommen Drüsen zur Beobachtung, in welchen fast sämmtliche Zellen eigentliche Körnchenzellen sind. Ich habe auch nicht gefunden, dass, wie Biedermann sagt, das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein der Körner von der Jahreszeit abhängt, im Gegentheil, man trifft die angeführten Unterschiede immer. Gewiss lässt der Vergleich einer Drüse, welche viele Körnchenzellen enthält, mit einer dieselben ganz oder theilweise entbehrenden die Vermuthung aufkommen, hier zwei Drüsenspecies zu unterscheiden. Aber ich meine, das Gesagte dürfte schon genügen, diese Eintheilung für die Nickhautdrüsen fallen zu lassen.

Von den Mittelstadien unterscheiden sich die pfropfartigen Drüsen fast nur durch das Aussehen ihrer Membran. Diese ist nicht mehr glattrandig, sondern zeigt „Buchten, gleichsam wie wenn die Drüsen mit (von ihrem unteren nach dem oberen Pol meridianartig verlaufenden Bändern) eingeschnürt werden würden“. Die Membrankerne sind fast rund und drücken sich so tief in den Zellbelag der Drüse ein, dass die ihnen unmittelbar benachbarten Zellen auf ihnen zu reiten scheinen. Das Drüsenlumen ist verschwunden und die Zellen zeigen die von Stricker und Spina beschriebene radiär gerichtete Streifung (Fig. 6 Tafel III). In jedem Stadium sind die Drüsen von ihrer Umgebung durch eine helle Zone geschieden.

Ausnahmsweise können noch Drüsen zur Beobachtung kommen, welche, das ringförmige Stadium weit überschreitend, abnorm ausgedehnt sind. Die „blasige" Ausdehnung ist dann, wie schon Engelmann angiebt, durch eine Verstopfung des Ausführungsganges bedingt, welcher in diesem Falle ebenfalls eingehender erweitert ist, ja, wenn er auf längere Strecken hin schief durch das Epithel zieht, sogar Divertikel und Buchten zeigt (Fig. 5, Taf. II).

Der Plan, nach welchem ich bei der histologischen Untersuchung vorging, war der, dass ich längere Zeit die Bewegungen einer Drüse verfolgte, dabei immer ihre Secretion prüfte und schliesslich ein Stadium im mikroskopischen Sehfelde fixirte. Da ich mir also von der Secretion der Drüse in jedem Stadium genaue Rechenschaft geben konnte, so glaubte ich an den Schnittpraeparaten Kennzeichen der „thätigen" und „erschöpften" Zelle finden zu können.

Mit Rücksicht auf die Volumsänderungen der Zellen schien es mir nicht uninteresant, ihre Gestalt an Macerationspraeparaten aus den verschiedenen Phasen neben einander zu vergleichen.

Endlich veranlassten mich die Contractionserscheinungen an der Drüsenhaut, der Einfluss der Nerven auf sie und die Drüsenzellen, jene für sich zu untersuchen und diese zur Ansicht zu bringen.

Ich will im voraus bekennen, dass ich alle diese Fragen nur in beschränkter Weise lösen konnte.

Schon die genaue Fixirung der Drüsenstadien scheitert an dem Mangel eines passenden Reagens. Aus der grossen Anzahl, welche ich zu dem Zwecke verwendete, macht das eine die Drüse und ihre Zellen schrumpfen, das andere hat Quellungen im Gefolge, ein drittes verändert wieder die Structur der Zellen zu sehr u. s. w.

Den besten Dienst leistet die zweiprocentige Osmiumsäure; sie erhält die einzelnen Stadien als solche vollständig, ruft aber Veränderungen im Protoplasma der Zellen hervor, indem sie die früher beschriebenen Zeichnungen vollständig, die „Körnerzellen" theilweise vernichtet. Ihr zunächt kommt der Sublimat in concentrirter Lösung. Er conservirt zwar die Drüsenstadien nicht genau, da er die Zellen quellen macht, erhält aber gut die Structur des Protoplasma und die Körnerzellen.

Schnittserien — parallel und senkrecht zur Nickhautoberfläche — wurden mit der Paraffinmethode angefertigt und die Schnitte mit einer Reihe von Farbstoffen tingirt, aus welchen ich die dreifache Färbung mit Nigrosin-Safranin-Eosin und die mit Haematoxylin hervorhebe.

Den Drüsenstadien entsprechend haben die Belegzellen an Schnitten entweder eine platte, eine cubische oder eine cylindrisch-keulenförmige Gestalt.

Die Ergebnisse meiner Untersuchung kann ich kurz zusammenfassen: ich habe in der grossen Anzahl von Schnitten, jedem Stadium entsprechend, für die einzelnen Stadien charakteristische Kennzeichen in der Structur der Zellen und ihren Kernen nicht finden können. Wohl kann man in dieser Beziehung auf die mannigfachsten Bilder stossen — Vorhandensein von regelmässig zwei Kernkörperchen in den Zellen des einen Stadiums, Fehlen von solchen in einer anderen Drüse desselben Stadiums, geschrumpfte oder aufgeblähte Kerne, „Plasmosomen“, umgeben von einer Anzahl grösserer und kleinerer Körner u. s. w. — aber sie sind in allen Stadien in gleicher Weise zu finden. Ebensowenig sind die Körnerzellen das Attribut einer bestimmten Drüsenphase; auch sie können in jeder derselben in grösserer oder geringerer Anzahl vorkommen, oder sie können ganz fehlen.

Noch viel weniger liesse sich nach dem Aussehen der Zellen an Schnitten irgend welcher Schluss auf die Thätigkeit ersterer ziehen.

Ich verweise, um kurz zu sein, auf die Figg. 1—6, Taf. V. Es sind 1—3 die grössten Querschnitte aus Schnittserien von in Sublimat gehärteten, 4—6 solche von mit Osmium behandelten Drüsen. Die hier gewählten Bilder wurden von Drüsen gezeichnet, welche im Leben lebhafte Formveränderungen und einige Körnerzellen gezeigt hatten, und unmittelbar nach dem Auftreten des betreffenden Stadiums fixirt worden waren.

In wie weit sich nun die einzelnen Zellen an der Secretlieferung betheiligt hatten, ob z. B. die Körnerzellen secernirten oder nicht, kann ich nicht sagen, da ich ihre Secretion im Leben nicht verfolgen konnte, aber die Drüsen 2, 3 und 4 und 6 als ganze secernirten energiseh, 1 und 5 hingegen gar nicht.

Erfolglos waren auch meine Versuche, an Macerationspraeparaten die jedem Stadium entsprechenden Zelltypen zu studiren. Alle Macerationsflüssigkeiten verwandeln nämlich sämmtliche Drüsen in Kugeln mit glatter Oberfläche und die Zellen füllen das Lumen fast vollständig aus. Es entsprechen daher solche Drüsen dem Mittelstadium mit reducirtem Lumen.

Welche Gestalten die Drüsenzellen in diesem Falle besitzen, zeigt Taf. IV. Als Macerationsflüssigkeit diente die Müller'sche Lösung. Man sieht, dass die einzelnen Zellen und Zellengruppen, von den Becherzellen abgesehen, die Formen der Zellen eines geschichteten Plattenepithels haben. Wie sie sich aber verhalten, wenn die betreffende Drüse in den ringförmigen Zustand übergeht, ob sich alle Zellen abplatten, ob eine Zelle über die andere heruntergleitet oder die unter ihr gelegenen niederdrückt u. s. w., lasse ich dahingestellt.

Hervorheben will ich hier noch die Thatsache, dass man in den Praeparaten aus neutralem chromsaurem Ammoniak die Anzahl der Becher-

zellen in den Drüsen immer vermehrt findet. Meiner Meinung nach sind die Becherzellen in den Macerationspraeparaten identisch mit den Körnerzellen der lebenden Drüse.

Die Membrana propria der Drüsen lässt sich am Besten aus Nickhäuten darstellen, welche fünf bis acht Tage in Müller'scher Flüssigkeit lagen. Man streift von ihr das Epithel beiderseits ab, schneidet ein eine Drüse enthaltendes Stück heraus und zerzupft dieses unter dem Praeparirmikroskope. Dabei thut man gut, das Nickhautstückchen so auf einen Objectträger zu legen, dass die Mündung der Drüse nach unten liegt. Mit den Nadeln wird dann das Nickhautgewebe von der Drüse vorsichtig abgetrennt, eine Manipulation, welche anfänglich leicht gelingt, sich aber schwieriger gestaltet, je näher man in die Höhe der Drüsenmündung kommt. Es liegt also die Drüse mit ihrem Körper ziemlich locker in dem Bindegewebe, mit dem sie erst höher oben inniger verknüpft zu sein scheint. Die ganz oder doch zum grössten Theile vom umliegenden Gewebe befreite Drüse sucht man mit den Nadeln ein- oder aus einander zu reissen, wodurch das Epithel unter einem entfernt wird. Man umgiebt dann das Praeparat mit einer Coconfadenschlinge, bedeckt es mit dem Deckglase, wäscht und färbt es durch Drainage.

Die Membran (Fig. 8, Taf. V) stellt sich dar als eine Haut, in welcher ausser den Kernen nichts weiter zu unterscheiden ist. Ich habe nicht finden können, dass dieselbe etwa aus spindelförmigen Zellen zusammengesetzt ist, auch nicht durch Behandlung der frischen Nickhaut mit Silber. Die Kerne sind länglich oval und, die Membran in situ gedacht, meridianartig angeordnet, die einen tiefer, die anderen höher liegend. Sowohl am meridionalen optischen Längs-, als am aequatorialen optischen Querschnitte (dadurch zur Ansicht zu bringen, dass das Praeparat durch Verschieben des Deckglases in die betreffende Lage gebracht wird) ragen die Kerne nach innen hervor und scheinen spindelförmigen Zellen anzugehören.

In der frisch ausgeschnittenen Nickhaut sieht man bei schwacher Vergrösserung an beiden Winkeln in der Tiefe mehrere, aus doppelt contourirten Fasern bestehende Nervenbündel eintreten, welche unter fortwährender Abgabe von feinen Aestchen einander entgegenziehen. Ihre feinsten Verzweigungen und Beziehungen zu den Drüsen zur Ansicht zu bringen, habe ich Anfangs die Goldmethode mit abwechselndem Erfolg angewendet, bald aber in dem Haematoxylin[1] ein Mittel gefunden, welches für die Färbung der Nickhautnerven ein Specificum zu sein scheint.

Man bringe die frische Nickhaut auf wenige Secunden in Essigsäure,

[1] Ich bereite dieselbe nach bekannter Weise mit Alaunlösung. Sie muss jedoch mindestens 6 Wochen alt sein, wenn die Färbung gut gelingen soll.

wasche sie dann aus, streife das Epithel ab und lege sie in die Haematoxylinlösung. Schon nach ungefähr einer Stunde findet man an ihr einen reich entwickelten, aus blassen Fasern zusammengesetzten Nervenplexus auf das schönste gefärbt. Es empfiehlt sich aber, die Nickhaut längere Zeit in der Lösung liegen zu lassen und die Uebertinction mit Säurealkohol zu beseitigen.

Da sich der Plexus nur in den oberflächlichsten Schichten des lamellös angeordneten Nickhautgewebes ausbreitet, so habe ich jene durch successive Abspaltung lospraeparirt, was keine Schwierigkeiten bietet. Die so gewonnenen Praeparate — sie sind hinlänglich fein, um Oelimmersion anzuwenden — werden am Besten in Glycerin eingeschlossen und erscheinen besonders schön bei Beleuchtung mit dem Abbe'schen Apparat ohne Blendung. Die Aufzählung der Details dieses Geflechtes, welches übrigens schon Klein[1] beschrieben hat, halte ich, als nicht in den Rahmen dieser Arbeit gehörig, für überflüssig, und begnüge mich damit, eine Uebersichtsabbildung und einige Einzelheiten daraus zu geben (Figg. 1, 2, 3, 5, Taf. VI).

An der Hand der Figg. 2 und 4 will ich nur die aus dem Plexus sich abzweigenden und zu den Drüsen in Beziehung stehenden Fasern besprechen. Dieselben vereinigen sich zu einem Netze, welches die Wand der Höhle, in welcher die Drüse liegt, auskleidet, nicht aber die Membr. propria umspinnt (Fig. 4, s. Texterklärung). Um dasselbe zu sehen, ist es nothwendig, die ganze Drüse mit der Höhle zu entfernen, was theilweise schon geschieht, wenn die Zerklüftung der Nickhaut von der unteren Fläche hervorgenommen wird. Sonst müssen die Drüsen mit Nadeln herausgestochen werden.

An der Membran der herauspraeparirten Drüsen konnte ich Nerven nicht entdecken, auch an den Drüsen *in situ* wegen ihrer dunklen Farbe keine Fasern an die Zellen herantreten sehen.

Die Goldpraeparate, welche sich übrigens fast vollkommen mit den Haematoxylinpraeparaten decken, gaben mir in dieser Beziehung keine besseren Aufschlüsse, so dass ich die Angabe Klein's, welcher ein die Drüsenzellen umgebendes Geflecht abbildet, nicht bestätigen kann, ohne sie aber in Abrede stellen zu wollen. Noch muss ich betonen, dass, so vollständig immer der gesammte Nervenplexus sich darstellen lässt, die die Drüsen umfassenden Fasern nicht immer gesehen werden, und solche Praeparate, wie Fig. 4 darstellt, mehr eder minder vom Zufalle abhängen.

Ein Theil der Nerven des Plexus, namentlich solche Fasern, welche zu den Drüsen ziehen, färben sich auch mit Methylenblau. Aber nie habe ich solche Bilder damit erhalten, wie mit dem Haematoxylin.

---

[1] On the peripherical dietribution of non-medulated nerve fibres. *Quarterly Journal of microscopical Science.* 1872. XII pars. II.

Zu erwähnen wären besonders die auch von Klein besprochenen gewundenen Fasern, ferner, dass Fasern zu den Bindegewebszellen ziehen und mit ihnen in Verbindung zu treten scheinen. Wenigstens wage ich nicht einen Zusammenhang ersterer mit letzteren in Abrede zu stellen.

Allgemeine Beobachtungen an der lebenden Nickhaut.

Obwohl ich meine ganze Aufmerksamkeit auf die Drüsen richtete, so drängten sich mir doch unwillkürlich gewisse Erscheinungen an dem Nickhautgewebe selbst auf. Eine kurze Mittheilung einiger in dieser Hinsicht gemachter Beobachtungen schicke ich hier voraus, um zu einem Specialstudium derselben anzuregen.

Als Regel gilt, dass in Bezug auf das Epithel keine Nickhaut der anderen vollkommen gleicht, nicht nur von Fröschen verschiedener, sondern auch derselben Jahreszeit. Der Unterschied besteht nicht in einer typischen Anordnung der Epithelzellen selbst, als vielmehr darin, dass der Brechungsindex des Gesammtepithels oder einzelner Partien desselben sich an der einen Nickhaut fortwährend, rascher oder langsamer ändert, an den anderen fast constant bleibt, wenigstens durch sehr lange Zeit. Man stösst z. B. auf Nickhäute, an welchen die Grenzen der Zellen der obersten Schicht ganz deutlich sind, die ovalen Kerne homogen, weiss glänzend erscheinen. Die Zellgrenzen der unteren Lagen sind verschwommen oder gar nicht sichtbar, ebensowenig deren Kerne. Als Ganzes betrachtet zeigt das Epithel an keiner Stelle einen Unterschied in der Lichtbrechung. So bleibt es einige Zeit, dann beginnt eine Aenderung in seinem Aussehen. Entweder wird das ganze Epithel langsam trübe, oder so plötzlich, dass man den Eindruck bekommt, als tauche die Linse momentan in einen Wassertropfen, die früher noch erkennbaren Zellgrenzen verwischen sich, oder es werden nur kreisförmig begrenzte Zellgruppen dunkler. In letzterem Falle beobachtet man sehr häufig, dass, während einzelne Inseln sich wieder aufzuhellen beginnen, in ihrer unmittelbaren Nähe andere Zellgruppen trübe werden. Umgekehrt kann die Aufhellung des Epithels wieder rasch oder langsam, total oder partiell vor sich gehen.

Manchmal ist es bei diesen unablässigen Schwankungen im Brechungsindex des Epithels ganz unmöglich, die Drüsenzellen zu beobachten.

Drückt man mit einer stumpfen Nadel etwas stärker auf das Epithel, so wird die betreffende Stelle hell und in allen ihren Zellen ein Kern mit zwei oder mehreren Kernkörperchen sichtbar. Die Stelle wird nach und nach wieder „normal“ indem der kreisförmige helle Fleck sich immer mehr und mehr verengt und schliesslich nach ungefähr 24 Stunden ganz verschwunden ist.

Wird die Nickhaut mit schwacher Essigsäure bepinselt, so trübt sich das ganze Epithel und alle Kerne werden sichtbar. Nach kurzer Zeit beginnt wieder die „Reinigung“ des Epithels, indem die Zellen und zwar gewöhnlich inselweise allmählich heller werden, die Niederschläge in ihnen vergehen, bis das frühere Aussehen wieder hergestellt ist. Oft bleiben aber Zellinseln sehr lange Zeit hindurch trübe und ihre Kerne stark granulirt.

Bringt man verschiedene Farbstoffe (Safranin, Eosin, Methylenblau) durch längere Zeit mit der Nickhaut in Berührung, indem man einen damit getränkten Pinsel auf sie legt, so färben sich die meisten Kerne der Hornschicht, eine beschränkte Anzahl bleibt ungefärbt; hier und da nehmen auch einige Kerne der tieferen Epithelien den Farbstoff auf. Die gefärbten Kerne behalten die Farbe bis zu 12 Stunden und darüber. Nach dieser Zeit sind die meisten derselben wieder abgeblasst, aber nun zeigt sich, dass eine Anzahl Leukocyten im Epithel und Zellen der Bindegewebssubstanz der Nickhaut den betreffenden Farbstoff aufgenommen haben.

Wurde indigschwefelsaures Natron in den Kreislauf gebracht und spritzt man nachträglich Pilocarpin nach, so entsteht fast augenblicklich danach ein feinkörniger Niederschlag des Farbstoffes in den Anfangs homogen gefärbten Kernen, dann wird das Zellprotoplasma bläulich und kurz darauf ist die Farbe vollständig verschwunden; nur hier und da ein Korn im Kern hält denselben zurück. Eine Färbung von Wanderzellen habe ich in diesem Falle nicht gesehen.

Von meinen Beobachtungen an den Chromatophoren will ich nur eine erwähnen. Ich fand einige Male, dass, wenn während eines ganzen Beobachtungstages die Pigmentzellen ein sehr zierliches anastomosirendes Netzwerk gebildet hatten, am Morgen des nächsten Tages die ganze Nickhaut mit Pigmentkörnchen übersäet war, gleichsam als wären die Pigmentzellen zersprüht.

Die in dem Bindegewebsstroma der Nickhaut zu beobachtenden Zellen sind theils fix, theils Wanderzellen. Sie sind an dem einen Praeparate während der ganzen Beobachtungszeit deutlich, an den anderen undeutlich zu sehen, werden sichtbar, verschwinden aus dem Gesichtsfelde u. s. w. u. s. w. Gelingt es, eine wandernde Zelle zu beobachten, so sieht man, dass dieselbe unter Aussendung und Wiedereinziehung von Fortsätzen eine Zeit lang sich geradlinig fortbewegt, plötzlich unter einem rechten Winkel abbiegt, wieder geradlinig weiter schreitet um abermals unter rechtem Winkel abzuschweifen und so fort. Kommt sie auf ihrem Wege zu einer fixen Zelle, so umfasst sie dieselbe und bleibt daselbst definitiv oder löst sich nach einiger Zeit wieder los, um ihre Wanderung fortzusetzen.

Beobachtung der lebenden Drüsen.

Aus der histologischen Untersuchung allein lässt sich, wie wir gesehen haben, Bestimmtes über die Thätigkeit der Drüsen nicht aussagen.

Die genaue Beobachtung der Drüsenbewegung, die Prüfung der Secretion, mechanische, chemische und elektrische Reize ergeben, dass

1. in der Nickhaut nur eine Art von Drüsen vorliegt,

2. der Secretionsprocess eine sichtbare morphologische Aenderung an den Drüsenzellen nicht im Gefolge hat,

3. bei der Secretion die Drüsenmembran eine ebenso wichtige Rolle spielt, wie die Belegzellen,

4. die Secretion selbst unabhängig vom Blutstrom und eine continuirliche ist.

Die spontane Bewegung der Drüsen.

Die allgemeine Beschreibung, welche Engelmann von den Bewegungserscheinungen der Hautdrüsen giebt, gilt auch für die der Drüsen der Nickhaut.

An dem einen Praeparat ändern sämmtliche Drüsen Stunden hindurch unablässig ihre Form, ihre Dimensionen, die Grösse und Gestalt des Drüsenlumens in der kürzesten Zeit, so dass es schwer ist, die auftretenden Phasen zu zeichnen, an einem anderen gehen diese Bewegungen an allen Drüsen langsam vor sich. An einer Nickhaut führen einige Drüsen ihre Bewegungen schnell, einige träge aus, andere scheinen völlig zu ruhen. In solchen Fällen ereignet es sich oft, dass die Drüsen nach einiger Zeit gleichsam ihre Rollen vertauschen, d. h. erstere allmählich unbeweglich werden, letztere Formveränderungen zu zeigen beginnen. In anderen Nickhäuten wird man am ersten Beobachtungstage alle Drüsen unbeweglich, die vorhandenen Stadien fix, am zweiten entweder alle oder nur die einen oder anderen in Bewegung finden. Drüsen ersterer Art habe ich in Figg. 1, 2, 3, 4, Taf. III abgebildet. Figg. 1, 3, 4 sind Mittelstadien mit reducirtem Lumen und Körnerzellen enthaltend, Fig. 2 ein Mittelstadium mit bandartigem Zellbelag, Fig. 6 Pfropfstadium.

Alle Formveränderungen lassen sich aber im Allgemeinen dahin zusammenfassen, dass die ringförmigen Stadien in die Mittelstadien und diese in das Pfropfstadium übergehen, oder umgekehrt, also das Drüsenlumen sich abwechselnd verkleinert oder vergrössert.

Der Schwerpunkt liegt nun in der Frage, ob diese Vorgänge lediglich nur die Folge der Ab- und Zunahmen des Drüsenumfanges sind, oder auf selbständiger Volumänderung der Drüsenzellen beruhen.

Die Messungen, welche ich an einer sehr grossen Anzahl von Drüsen ausgeführt habe, förderten immer und immer wieder dasselbe Resultat zu Tage, nämlich, dass beide Factoren dabei im Spiele sind.

Die Berechnung der Fläche der grössten optischen Querschnitte aller Phasen, welche eine spontan sich ändernde Drüse durchmacht, ergiebt nämlich, dass dieselbe beim Uebergange der Drüsen aus dem Ringstadium in das Mittelstadium beträchtlich abnimmt, so lange die Drüse im letzteren verharrt, mag ihre Peripherie welche Form immer annehmen, nahezu gleich bleibt oder wieder zunehmen kann, und abermals bedeutend abnimmt, wenn die Pfropfphase eingetreten ist.

Die Ausmessung der Fläche des Zellbeleges zeigt im ersteren Falle eine Zunahme, in allen Mittelstadien eine fortwährende Schwankung, bald Ab- bald Zunahme, in der Pfropfphase einen Mittelwerth aus jenen der Mittelstadien.

Die Figuren der Taf. II stellen auf den grössten optischen Querschnitten die Aenderung von Drüsen dar. Die darin enthaltenen Zahlen geben der Reihe nach die planimetrisch bestimmten Werthe für den Gesammtflächeninhalt, Flächeninhalt des Lumens und jenen des Zellbelegs an.

Ich verweise zunächst auf Figg. 1 und 5. Jene enthält die Querschnitte einer spontan sich ändernden Drüse, und zwar sind die acht Zeichnungen mit Auswahl aus einer fortlaufenden Serie von 32 Aufnahmen entnommen, welche innerhalb einer Viertelstunde von der Drüse angefertigt wurden; die 15 Zeichnungen dieser entstammen einer Serie von 25 in ungefähr 10 Minuten gemachten Aufnahmen einer anderen Drüse. Das Ringstadium aus dem erstere unmittelbar hervorging, hatte ungefähr die Gestalt von 15.[1] Aus den Zahlen ist ersichtlich, dass die Abnahme des Drüsenlumens beim Uebergang der Drüse aus dem Ringstadium in das Mittelstadium hauptsächlich durch eine Verkleinerung des Drüsenumfanges und dementprechendes Höherwerden der Zellen, in geringem Maasse auch wohl durch eine Volumzunahme letzterer bedingt ist, die Vergrösserung oder

[1] Die übrigen 24 Zeichnungen der Reihe I waren den hier abgebildeten ganz analog. Die betreffende Drüse ging aus 7 (31) unmittelbar in 8 (32) über, blieb so mehrere Stunden und kehrte dann ohne das pfropfartige Stadium durchzumachen, wieder in eine bandartige Phase zurück. Ebenso verhält es sich mit den zehn hier fehlenden Figuren der Reihe V. Es gingen 6 aus 5, 9 aus 8, 12 aus 11 und 13 aus 12 hervor. An der Drüse traten auch spontan den in 6, 12, 13 gezeichneten ähnliche Phasen auf. Da ich aber zu gleicher Zeit auch elektrische wie chemische Reize vornahm, wählte ich die von dieser Drüse abgeommenen Zeichnungen für den Text.

Verkleinerung des Lumens in allen Mittelstadien aber ausschliesslich durch Volumszunahme oder -Abnahme der Belegzellen bewirkt wird, endlich das Verschwinden des Lumens im Pfropfstadium zum meisten die Folge der Schrumpfung der ganzen Drüse ist.

Prüft man die Drüsen auf ihre Secretion, so zeigt sich, dass dieselbe, ob sie „Körnerzellen" enthalte oder nicht, in allen Stadien, mit Ausnahme des ausgesprochenen ringförmigen und des pfropfartigen, secerniren, gleichgültig, ob sich die Phasen rasch, langsam oder gar nicht ändern. Um daher die Vorgänge an der Membran und an den Zellen während der Bewegungen im Besonderen zu beobachten, wählt man anfangs am besten Drüsen, welche langsame Formveränderungen zeigen.

Die Aenderungen der Membran lassen sich am leichtesten an ihren „Spindeln" studiren. Dass diese nichts weiter sind, als die optischen Querschnitte verdickter Membranstellen und des darin liegenden meridional gerichteten Membrankernes, geht schon aus der histologischen Untersuchung hervor. An der lebenden Drüse kann man sich davon überzeugen, wenn man am grössten optischen Querschnitte der Membran auf eine ihrer „Spindeln" einstellt und darauffolgend den Tubus hebt oder senkt: die Spindel rückt dabei höher oder tiefer und nach innen.

Diese Spindeln werden langgezogen und schmal, wenn die Drüse an Umfang zunimmt, gleichen sich fast vollständig aus, wenn das Ringstadium erreicht ist, werden kürzer und gedrungen mit nach innen vorspringendem Kern, sobald die Drüse sich verkleinert.

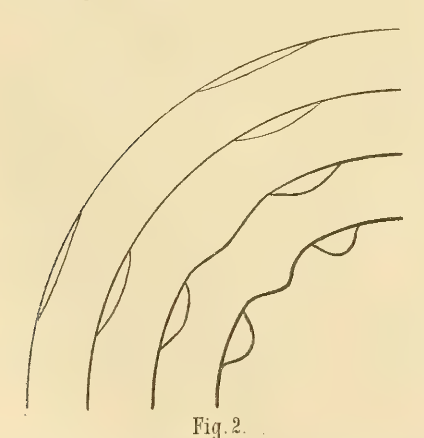


Fig. 2.

Auch zwischen den Spindeln wird die Membran auf dem optischen Querschnitt bald breiter bald schmäler, je nachdem die Drüse kleiner oder grösser wird. An einer oder der anderen dieser Stellen tritt mitunter eine seichte Einkerbung auf, welche sich aber schnell wieder ausgleicht, oder es entstehen plötzlich an allen längere Zeit fix bleibende Buchten. Dann ist die Drüse in das Pfropfstadium getreten.

Diese Veränderungen an der Membran habe ich schematisch in Fig. 2 dargestellt.

Beobachtet man die Membran und den Zellenbeleg in ihren Veränderungen gleichzeitig, so wird man gewahr, dass die Abflachung der Spindel, also Dehnung der Membran unter gleichzeitiger Vergrösserung oder Ver-

kleinerung des Lumens stattfinden kann, mit dem Auftreten bleibender Buchten in ihr aber stets das Lumen vollständig schwindet.

In dieser Thatsache liegen, wenn man von den Messungen absehen will, nicht nur die Beweise für die oben aufgestellten Behauptungen, sie zeigen auch, in welchen Fällen die Volumsänderung der Zellen, in welchen die Contraction der Membran das Aussehen der Drüsen umgestaltet.

Wenn die Drüse sich ausdehnt und das Lumen grösser wird (5 und 6 Fig. 1, Taf. III), so könnte man daraus schliessen, dass die Membran sich activ erweitert und die Zellen, dem Zuge folgend, in der Richtung senkrecht zur Membran niedriger, aber breiter und länger nach den beiden anderen Dimensionen werden, also ihr Volumen behalten. Zu dem Schlusse, dass die Membran activ sich zusammenzieht und in Folge dessen die Zellen nur höher aber schmäler und kürzer im obigen Sinne werden, könnte man auch geführt werden, wenn man den Uebergang des Ring- in das Mittelstadium beobachtet (15 in 1 Fig. 5, Taf. I). Wenn man aber an Drüsen das Lumen schwinden sieht, indem die Zellen in dasselbe vordringen, und gleichzeitig die Dehnung in der Membran beobachtet (8 und 9, 11 und 12 Fig. 5, Taf. I), dann wird man der Membran nicht nur nicht mehr eine active Rolle bei diesen Vorgängen zuschreiben, sondern im Gegentheil ihre Ausweitung als eine passive ansehen, und die Erscheinung damit erklären müssen, dass die Zellen an Volumen zugenommen und sie die Membran ausgedehnt haben.

Nun ist es sehr schwer verständlich, dass in den angezogenen Fällen die Membran das eine Mal sich selbständig ausdehnen, das andere Mal selbständig zusammenziehen, endlich auch durch ausser ihr liegende Kräfte erweitert werden soll. Wenn auch in dem einen Falle an Contractilität zu denken wäre, so liessen sich doch die selbständigen Dehnungen nicht erklären. Die histologische Untersuchung wenigstens giebt keine Anhaltspunkte dafür, man findet keine contractilen Elemente, welche, in dem Nickhautgewebe liegen, etwa radiär zur Drüse angeordnet und mit ihrer Membran in Verbindung stehend, diese durch ihre Zusammenziehung erweitern.

Es bleibt also nur die Annahme übrig, dass überhaupt alle Veränderungen an der Drüsenmembran in den Ring- und Mittelstadien dadurch hervorgerufen werden, dass die Drüsenzellen ihre Form, und zwar mit oder ohne Volumsänderung fortwährend wechseln, und dem sich die Membran nur als vollkommen elastische Haut anpasst. Wir lassen vor der Hand unerörtert, ob die Aenderung der Zellen eine active oder passive ist.

Anders liegen die Dinge, wenn man sieht, dass die Drüse auffallend kleiner wird, der Umfang bedeutend abnimmt, das Lumen verschwindet (3, 4 Fig. III, 12, 13 Fig. V, Taf. II). In diesen Fällen muss eine Con-

traction der Membran vorliegen. In der That sind die an ihr auftretenden Buchten der Ausdruck dafür und ihre Lage zeigt an, dass die activen Zusammenziehungen in der Richtung von einem Pol der Drüse zum anderen stattfinden.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass die Mechanik der Drüsenbewegung darin besteht, dass bald die Zellen für sich, bald die Membran für sich, bald beide zu gleicher Zeit erregt werden. Daraus ist weiter zu schliessen, dass Zellen und Membran verschieden innervirt sein müssten.

Ueber die Bewegung der Zellen im Speciellen kann ich mich kurz fassen, da ich die bezüglichen Angaben der Autoren bestätigt fand.

Auch an den lebenden sich spontan ändernden Drüsen gerathen die Zellen „in ein Fliessen“ nicht nur beim Uebergang der Drüsen in das Pfropfstadium, sondern oft auch beim Eintritte derselben in das Mittelstadium mit reducirtem Lumen. Im ersteren Falle sahen Stricker und Spina die Zellen sich auch vergrössern, was Biedermann in Abrede stellt, indem er das Schwinden des Lumens nur auf die Contraction der ganzen Drüse zurückführt. Es ist richtig, dass man bei Beobachtung des ganzen Vorganges anfangs den Eindruck bekommt, dass die Zellen nur länger und dabei schmäler werden, namentlich wenn man sein Augenmerk auf eine „Körnerzelle“ richtet. Allein ich glaube, dass Stricker und Spina doch in so weit im Rechte sind, dass wenigstens im Beginne des Auftrittes des Pfropfstadiums eine Volumzunahme der Zellen nicht in Abrede gestellt werden kann. Denn wenn man gerade eine „Körnerzelle“ in ihren Veränderungen genau verfolgt, so sieht man, dass dieselbe im Momente der beginnenden Contraction der Membran nicht schmäler wird, ihr körniger Theil aber doch schon in das Lumen vordringt. Das „Fliessen“ der Zellen freilich ist gewiss nur die Folge der Zusammenziehung der Membran, und die Messungen an dem fertigen Pfropfstadium ergeben, dass dieselbe dabei nicht nur schmäler geworden sind, sondern an Volumen abgenommen haben.

Die Drüse tritt wieder aus dem Pfropfstadium, indem sich, wie Stricker und Spina zuerst angaben, die Buchten der Membran ausgleichen. Dabei kann das Lumen einige Zeit hindurch geschlossen bleiben und sich erst dann allmählich erweitern, oder es kehrt die Drüse gleichzeitig mit dem Ausgleiche der Buchten rasch in irgend ein Mittel- oder Ringstadium zurück.

Ich ging zunächst darauf aus, in den Zellen der lebenden Drüsen charakteristische Kennzeichen für die einzelnen Stadien zu finden, Anhaltspunkte zu erhalten, aus welchen sich schliessen liesse, warum eine Drüse in diese, wann sie in jene Phase eintreten werde. Ich fand solche ebenso wenig als durch die histologische Untersuchung, denn während die Drüsen ihre Bewegungen ausführen und secerniren, ist in dem Zellenbeleg als so

zu sagen einzige Veränderung nur ein Wechsel in der Lichtbrechung zu constatiren: er wird bald grau, bald gelblich, bald erhält er einen perlmutterähnlichen Glanz. Bietet eine Drüse letzteres Ansehen dar, so lässt sich an ihr, in welchem Stadium sie sich auch befindet, entweder gar keine oder nur sehr spärliche Secretion nachweisen.

An den Ringphasen ist eine Structur in dem Zellsaume überhaupt nicht zu erkennen; nur wenn die betreffende Drüse in einer anderen Phase Körnerzellen zeigte, erscheint derselbe stellenweise durch eine körnige Masse unterbrochen.

Die Structur des Zellenbeleges in den übrigen Stadien habe ich schon besprochen. Wenn die Mittelstadien fix sind oder nur träge Formveränderungen zeigen, lässt sich an ihnen am Besten die Angabe Stricker's und Spina's verfolgen, „dass die Zeichnung der Zellen sich allmählich, wenn auch äusserst langsam, verändert". Nicht nur die Körner der Körnchenzellen machen langsame Ortsveränderungen — wobei darauf zu achten ist, dass man nicht die Locomotion einzelner Theile mit der Verrückung des ganzen Drüsenquerschnittes verwechselt — sondern auch die dunkeln Gebilde der übrigen Zellen wogen sehr träge hin und her. Körnchen verschwinden, tauchen wieder auf, stäbchenförmige Figuren werden langgezogen, verkürzen sich wieder, nehmen eine etwas andere Gestalt an, kehren wieder in die ursprüngliche zurück u. s. w. Ein Zerreissen derselben habe ich nicht beobachtet. Aber trotz allen diesen Vorgängen im Inneren der Zellen wird man auch nach stundenlanger Beobachtung nicht finden können, dass das Aussehen der Zellen ein wesentlich anderes geworden wäre. Vollends wird man, wenn die Zellen in lebhafte Bewegungen gerathen und dabei „dunkle Streifen dicker und dünner werden, sich gegenseitig entfernen oder nähern, neue Streifen auftreten" (Stricker) „keine irgend erhebliche Veränderung im Aussehen derselben constatiren können, gleichgültig ob es sich um dunkelkörnige oder um eine helle homogene Zelle gehandelt hat, nachdem sie wieder in ihre ursprüngliche Gestalt zurückgekehrt ist" (Biedermann) mögen die Zellen ihre Form noch so oft und noch so rasch ändern.

Ueber die Betheiligung der Kerne an der Bewegung der Zellen, über Vorgänge im Inneren derselben währenddem, kann ich nichts aussagen, da Kerne nie sichtbar sind, gewiss nicht in der Klarheit um an ihnen Beobachtungen machen zu können.

Ich habe nun ein und dieselbe Drüse Stunden hindurch beobachtet, sie tagelang unter dem Mikroskop eingestellt gelassen, aber nie unter meinen Augen die Körner in den Körnerzellen abnehmen oder sich vermehren gesehen, habe nie beobachten können, dass sich eine Körnerzelle in eine

„homogene“ Zelle oder umgekehrt verwandelt, nie Theile von Zellen sich abschnüren gesehen. Und doch haben die betreffenden Drüsen fortwährend secernirt. Ich kann nicht in Abrede stellen, dass ich in einzelnen Fällen nach 12, 24 Stunden die Körner der Körnerzellen vermindert vorfand und zwar von der Peripherie her, ja dass ich hier und da sogar einige Körnchen aus dem Ausführungsgange der Drüsen hervorschiessen sah, aber dieses wie jenes sind sehr seltene Ausnahmen. Ich lege aber das Hauptgewicht darauf, dass jene Vorgänge sich nicht direct unter dem Auge abspielen.

Was sich aber wohl constatiren lässt, ist das Entstehen und Vergehen von Vacuolen. Doch ist auch dieses keine regelmässige Erscheinung. Es entstehen im Protoplasma disseminirt winzige helle Stellen, als ob plötzlich dunkle Körnchen sich auflösen würden. Unmittelbar darauf erhält man schon den Eindruck vorhandener kleiner Vacuolen, welche sich nun mitunter sehr rasch erweitern und in schwach rosenrother Farbe schimmern. Bisquitförmige Vacuolen entstehen aus der Verschmelzung einer grösseren und kleineren, indem die Scheidewand zwischen ihnen dünner und dünner wird und endlich in der Mitte einreisst. Gar nicht selten findet man nach 12—24 Stunden eine oder die andere Vacuole mit einer grünlich gefärbten homogenen Kugel erfüllt. Die Vacuolen vergehen in der Weise, dass sich ihre Peripherie allmählich verkleinert, gleichsam zusammenzieht. In der Regel bleiben sie aber lange Zeit unverändert, verschwinden, so wie die übrigen Zeichnungen des Protoplasma's vollständig, wenn sich der Zellbeleg bis auf einen schmalen Saum zurückzieht, erscheinen wieder in derselben Gestalt und in derselben Lage, wenn derselbe abermals das Lumen ausfüllt. Das Vorhandensein der Vacuolen, das Auftreten neuer beeinflusst weder die Drüsenbewegung noch die Secretion in irgend einer Weise.

Wenn nun Körner- und „homogene“ Drüsen in gleicher Weise ihre Bewegungen ausführen, quantitativ und, soweit sich mit dem Auge beurtheilen lässt, auch qualitativ dasselbe Secret liefern, so wird man hierin weder zwei Arten von Drüsen annehmen, noch erstere als den Ausdruck einer besonders gesteigerten Secretionsthätigkeit auffassen können. Wenn ferner Körner in den secernirenden Drüsen weder entstehen noch verschwinden, so können sie unmöglich die organisirten Vorstufen des Secretes sein. Da also die Eintheilung der Drüsen in zwei Species auszuschliessen ist und mit der Secretbildung eine morphologische Aenderung im Protoplasma der Zellen nicht einherschreitet, andererseits Körnerzellen bald vorkommen, bald fehlen, so lässt sich die Annahme nicht von der Hand weisen, dass allmählich „homogene“ Zellen in Körnerzellen und umgekehrt übergehen. Dies kann nach meinem Dafürhalten nur ein langsamer, auf das vegetative Zellenleben sich beziehender Process sein. Dass die Drüsen-

zellen sich nur selten erneuern, zeigt das spärliche Vorkommen von Mitosen; ich bin an allen meinen Schnitten nur auf drei gestossen.[1] Dass aber die Drüsenzellen sehr lebenszähe sind, beweisen

mechanische und chemische Eingriffe.

Wenn die Drüsen energische Bewegungen zeigen, so genügt oft schon die leiseste Berührung der Nickhaut mit Nadel oder Pinsel, jene auf reflectorischem Wege sofort in das Pfropfstadium zu bringen, ja ein Kneipen der Pfote, ein Stich in die Rückenhaut u. s. w. hat dieses zur Folge. Nicht so, wenn die Drüsen an sich mehr oder minder unbeweglich sind. In solchen Fällen kann die Nickhaut sogar kräftig abgepinselt werden, ohne dass dadurch eine Aenderung in den Drüsenformen herbeigeführt wird. Wohl aber wird man jede Drüse sofort zusammenschrumpfen sehen, wenn man mit einer stumpfen Nadel direct auf sie drückt. Nach diesem Reiz nehmen die Drüsen wieder ihre ursprüngliche Gestalt an. Man mag nun diese Manipulation beliebig oft an derselben Drüse wiederholen, so wird man in ihren Zellen keine Veränderungen constatiren können und ihre Secretionsfähigkeit nicht vermindert finden.

Durch Quetschung ausdehnen kann man die Drüsen, wenn man die Nickhaut mit einem Deckglassplitter bedeckt und mit einem starken System (F Zeiss), während man gleichzeitig beobachtet, dasselbe vorsichtig aufdrückt. Die Drüse verbreitert sich dabei und kann schliesslich zu einer von Zellen ganz ausgefüllten dickeren oder dünneren Scheibe ausgedehnt werden. Auch in diesem Falle sind keine nennenswerthen Aenderungen im Protoplasma der Zellen zu sehen. Wird der Tubus wieder gehoben, so strebt die Drüse gleichzeitig ihrer ersten Gestalt zu, zeigt nach der Entfernung des Deckglases Secretion wie zuvor, selbst dann, wenn man den Druck auf sie sehr lange Zeit wirken liess.

Sehr verdünnte Essigsäure auf die Nickhaut gebracht, bewirkt, dass alle Drüsen sich in glattrandige, durch das Epithel prall gefüllte Kugeln umwandeln. Gleichzeitig entstehen im Protoplasma Niederschläge, die Kerne treten hervor, werden granulirt und zeigen häufig zwei glänzende Kernkörperchen. Die Secretion wird in allen Drüsen sistirt. Nicht lange jedoch bleiben sie so; allmählich verschwinden die Niederschläge wieder, die Kerne werden undeutlich, entziehen sich endlich ganz dem Blicke, die

[1] Ich habe allerdings nie das Flemming'sche Gemisch angewendet. Die mir vorliegenden Karyokinesen in den mit 2 procentiger Osmiumsäure gehärteten Drüsen sind so wohl erhalten, dass ich nicht glaube, andere würden bei dieser Behandlungsweise vernichtet worden sein. Zudem meine ich, hätten mir lebende nicht entgehen können.

Drüse beginnt wieder ihre Bewegungen auszuführen und zu secerniren. Das Verfahren kann man sehr oft wiederholen, ohne dass es gelingt, die Drüse anhaltend in Unthätigkeit zu versetzen oder eine in die Augen springende, bleibende Veränderung in den Zellen hervorzurufen. Man erreicht nicht einmal, dass nach der Säurewirkung und Wiederaufhellung der Drüse und abermaliger Application von Säure verschieden gestaltete Trübungen und Niederschläge entstehen. Im Gegentheil werden, wenn man sich gewisse Figuren an den Zellen und Kernen gemerkt oder skizzirt hat, dieselben bei jedem neuen Versuche fast unverändert immer wieder zum Vorschein kommen.

Die Gegenwirkung in Bezug auf die Form der Drüsen bringt eine zehnprocentige Kochsalzlösung hervor (Fig. IV, 15, Fig. V, Taf. II). Sie führt, auf die Nickhaut gepinselt, sämmtliche Drüsen augenblicklich in den ringförmigen Zustand über.[1] Nur so lange sie darin verharren, ist keine Secretion nachzuweisen. Diese stellt sich aber ein, ja steigert sich sogar, wenn die Drüsen nach kurzer Zeit das Ringstadium wieder verlassen. Veränderungen in den Zellen sind auch durch dieses Reagens, noch so oft angewendet, nicht zu erzielen. Man kann mitunter die Beobachtung machen, dass eine oder die andere Zelle oder ein kleiner Zellencomplex als Kuppe in das Lumen vorragt, wenn der übrige Zellbeleg sich auf einen schmalen Saum zurückgezogen hat. Dann zeigen die Kuppen fast ausnahmslos das beschriebene Zucken und Schnellen.

Spritzt man allmählich einige Cubikcentimeter einer zehnprocentigen Kochsalzlösung durch die Bauchvene ein, so behalten die Drüsen ihre Form im Ganzen und Grossen zwar bei, werden aber verkrüppelt und erhalten einen Perlmutterglanz. Sie haben ihre Bewegungsfähigkeit für längere Zeit eingebüsst und secerniren nicht mehr.

Hier will ich auch meine Versuche mit dem Erlich'schen Methylenblau und mit Pilocarpin anführen. Beide Körper wurden dem Kreislauf ebenfalls durch eine Bauchvene einverleibt.

Nach Einspritzung des ersteren — in ziemlich concentrirter Lösung — werden die Drüsen, jedoch nicht alle zu gleicher Zeit, gleichmässig blassblau. Einige Minuten darauf treten in ihnen, und zwar wieder in einzelnen zu verschiedenen Zeiten, zunächst in der Peripherie des Zellenbeleges zerstreut, dunkelblaue grössere oder kleinere Körnchen und Stäbchen auf. Nach und nach sind solche in allen Drüsen und über den ganzen Zellbeleg

---

[1] Zum Studium der Kochsalzwirkung ist es vortheilhafter, statt einer Lösung das Salz in Substanz anzuwenden. Man bringt mit einer Nadelspitze ein winziges Körnchen davon auf die Mündung des Ausführungsganges oder in dessen Nähe. Die Erweiterung der Drüse beginnt sofort, noch ehe der Krystall vollständig sich gelöst hat und es kann unmittelbar darauf die Nickhaut wieder mit Wasser abgespült werden.

verbreitet zu sehen. Aber nie werden sich die Körner der Körnerzellen färben. Das Bild solcher Drüsen, schon von Arenstein[1] beschrieben, kann man sich vorstellen, wenn man sich in Figg. 1, 2, 3, 4, Taf. III eine grössere Anzahl der gezeichneten Gebilde blau gefärbt denkt.

Die Drüsen secerniren, machen ihre Bewegungen, wobei die gefärbten Elemente verschwinden, wenn das Ringstadium eintritt, wieder in gleicher Gestalt zum Vorschein kommen, sobald andere Phasen erreicht werden. Man kann ihre Anzahl nicht vermehren, wenn man wiederholt Farbstoff nachspritzt, und erreicht dadurch nur, dass schliesslich eine oder die andere Zelle ganz dunkelblau gefärbt wird. Auch unter dem Auge schwinden sah ich die gefärbten Elemente nicht. Erst nach ungefähr 12 Stunden ist wieder Alles verblasst. Wenn man wieder von Neuem die Farbe einspritzt, so scheinen sich andere Körner zu färben, als Tags vorher.

Zum Schwinden bringt die blauen Gebilde sofort die Essigsäure; Kochsalz hat auf sie keinen weiteren Einfluss.

Auf die Einspritzungen von Pilocarpin hin — 1 ^{ccm} von Lösungen von 0·1 Proc., 0·2 Proc., 0·5 Proc. und darüber — treten die meisten Drüsen in das Mittelstadium mit reducirtem Lumen und fangen, die eine früher, die andere später, lebhafter zu secerniren an. Die Secretion kann, muss aber nicht nothwendiger Weise Veränderungen in den Zellen im Gefolge haben. Unter keinen Umständen aber habe ich eine Umwandlung einer homogenen Zelle in eine Körnerzelle gesehen. Es können sehr rasch Vacuolen entstehen, man sieht sehr oft den inneren Zellrand in seinem ganzen Umfange sich zerspalten und zerklüften, als ob eine ätzende Flüssigkeit auf das Protoplasma wirken würde, der Process überschreitet aber eine bestimmte Grenze gegen die Drüsenperipherie hin nicht.

In anderen, ebenso energisch secernirenden Drüsen zeigen sich alle diese Phaenomene aber nicht. Auch secerniren die Drüsen mitunter gleich stark oft bis zu vier Stunden hindurch fort, in anderen Fällen sistirt die Secretion schon nach kurzer Zeit, ohne dass man obige Veränderungen in den Zellen beobachten könnte. Ich habe in pilocarpinisirten Drüsen auch nach 12 und 24 Stunden keine Umwandlungen der Zellentypen gesehen.

Anführen muss ich eine Beobachtung, welche darauf hinweist, dass das Pilocarpin unter Umständen die Qualität des Secretes total ändern kann.

Zufällig verwendete ich einmal eine Canüle, mit welcher ich einen Frosch eine 0·1 procentige Pilocarpinlösung eingespritzt hatte, ohne sie zu reinigen, dazu, einem anderen Thiere eine 0·7 procentige ClNa-Lösung zu injiciren. Die Canüle konnte nur noch eine Spur Pilocarpin enthalten

[1] *Anatomischer Anzeiger*. 1887. Nr. 5. S. 134.

haben. Kurze Zeit nach der Injection der Kochsalzlösung begann aus jeder Drüse eine zähflüssige gelbe Masse hervorzuquellen, welche sich allmählich über jeder Drüse verbreitete und, aus allen Drüsen zusammenfliessend, schliesslich die ganze Nickhaut bedeckte. Ich fand an den Drüsenzellen weder Zerklüftungen noch Vacuolen. Nach der Abpinselung der Nickhaut mit Wasser erneuerte sich diese Masse nicht mehr; die Drüsen hatten überhaupt aufgehört zu secerniren. Als die Secretion nach einer halben Stunde wieder eintrat, war das Secret anscheinend wieder das einer normal secernirenden Drüse. Ich stellte nun eine Anzahl Versuche mit wechselnden, ganz geringen Quantitäten von Pilocarpin an, konnte aber die oben beschriebene Beobachtung nur noch dreimal machen.

Aus dieser gedrängten Mittheilung dürfte schon ersichtlich sein, dass die Wirkungen des Pilocarpins auf die Drüsen ein eingehendes systematisches Studium erheischen würden.

Elektrische Reizungen.

Legt man halbkreisförmig gebogene Elektroden auf die Nickhaut und schickt einige Inductionsschläge mittlerer Stärke hindurch, so treten die meisten der in den Ring- und Mittelstadien befindlichen Drüsen sofort in das Pfropfstadium über: die Zellen gerathen dabei in ein „Fliessen". Seltener sieht man, dass an den Ringstadien nur Einkerbungen in der Membran entstehen, die Drüsenzellen sich jedoch gar nicht ändern, oder dass wohl die Zellen in das Lumen vordringen, die Membran aber glatt bleibt.

Nach dem Aufhören des Reizes nehmen die Drüsen allmählich wieder nahezu ihre ursprüngliche Gestalt an. Reizt man anhaltend, so bekommen die Drüsen ein perlmutterartiges Aussehen, auch die Drüsen, welche auf schwache Reize nur ihr Lumen verkleinerten, dabei glattrandig und grau blieben, werden pfropfartig und weisslich. Nicht immer aber lässt sich durch tetanisirende Reize eine Aenderung des Zellbeleges an solchen Drüsen erzielen, an welchen auf schwache Reize hin nur die Buchten in der Membran erschienen.

Aenderungen in der Structur der Zellen, Verschwinden oder Entstehen von Körnern in den Körnchenzellen u. s. w. sind auch bei diesen Versuchen nicht festzustellen.

Das ist so zu sagen die Summe der Erscheinungen, welche sich an den Drüsen beobachten lassen, wenn man eine grosse Anzahl lebender Nickhäute untersucht hat.

Denn wie die Drüsen an sich die grösste Unregelmässigkeit in ihren Bewegungen und in der Fähigkeit, sie auszuführen, zeigen, so verschieden erregbar erweisen sie sich auch durch elektrische Reize. In der Regel

wird man befriedigende Resultate erhalten, wenn die Drüsen schon spontan alle möglichen Formveränderungen zeigen.

So viel geht aus diesen Reizungsversuchen hervor, dass man dadurch an den Drüsen solche Veränderungen hervorrufen kann, welche an ihnen auch spontan sich abspielen, nämlich eine Verengerung des Drüsenlumens durch Contraction der Membran in den einen Fällen, eine Verengerung des Lumens durch Volumszunahme der Zellen in den anderen.

Aber erst durch die gesonderte Reizung des Trigeminus und Sympathicus erhält man einen klaren Einblick in die Vorgänge der Drüsenbewegungen.

Die Contraction der Drüsenmembran, und nur diese, tritt auf, wenn ersterer Nerv für sich gereizt wird, eine Volumszunahme der Zellen, und nur diese, tritt ein, wenn letzterer Nerv erregt wird.

Schickt man einen Oeffnungsschlag durch den Trigeminus, so sieht man von den eben beschriebenen Aenderungen an den Drüsen nur noch entweder das Auftreten der Pfropfstadien, und das ist immer an der Mehrzahl der Drüsen zu beobachten, oder die Einschnürung der Membran an den Ringstadien, aber ohne merkliche Aenderung des Lumens. Nie wird man beobachten, dass das Lumen schwindet, ohne dass nicht auch die Membran ihre Glätte verliert. Nach der Reizung nehmen die Drüsen ihre Anfangsgestalt wieder an. Tetanisirt man den Nerven, so bleiben die allgemeinen Erscheinungen dieselben, die Drüsen werden heller. Augenschein und Messung ergeben, dass in allen Fällen der grösste optische Querschnitt der Drüsen nach der Reizung abgenommen hat.

Der Trigeminus innervirt also die Membran und seine Erregung bewirkt die Contraction derselben.

Wird der Sympathicus durch einen schwachen Oeffnungsschlag gereizt, so sieht man an den Ring- und Mittelstadien zunächst eine Verkleinerung des Lumens. Die „Spindeln" werden kürzer und gedrungener, aber ohne dass Buchten in der Membran entstehen. Der Zellbeleg nimmt etwas an Höhe zu und wird trübe. Die Messungen ergeben, dass der optische Querschnitt der Drüse kleiner, der Zellbeleg grösser geworden ist (*1*, *2*, Fig. 2; *1*, *2*, Fig. 3; *5*, *6*, Fig. 5, Taf. II). Nach dem Reize dehnt sich die Drüse wieder aus, die Höhe des Zellbeleges nimmt ab. Reizt man den Nerven durch mehrere Schläge von derselben Intensität wie früher, so gerathen die Zellen ebenfalls in ein Fliessen, werden dunkel. Das Lumen wird rasch sehr klein, die „Spindeln" der Membran dehnen sich wieder aus und Augenschein und Messung ergeben nun eine bedeutende Zunahme des Gesammtquerschnittes der Drüse und des Zellbeleges (*1*, *2*, *3*, Fig. 2; *1*, *2*, *3*, Fig. 3; *11*, *12*, Fig. 5, Taf. II).

Wird unmittelbar darauf der Trigeminus gereizt, so entstehen sofort die Einschnürungen an der Membran, das Lumen schwindet fast vollständig, die Drüse wird hell und zeigt sich in jeder Beziehung verkleinert (*3*, *4*, Fig. 3; *12*, *13*, Fig. 5, Taf. II). Reizt man beide Nerven durch gleiche Ströme gleichzeitig, so praevalirt immer die Contraction der Membran.

Der Sympathicus innervirt also die Drüsenzellen und seine Erregung hat zur Folge, dass das Volumen derselben zunimmt.

Das sind die Resultate, zu denen ich nach vielen mühevollen Versuchen gekommen bin. Ich muss dies meinen Nachuntersuchern gegenüber besonders betonen und führe hier nur an, dass ich oft eine Dutzend Froschpraeparate anfertigen musste, ehe mir ein gesonderter Reizungsversuch gelang. Ich glaube, dass schon die schweren operativen Eingriffe bei der Praeparation der Nickhaut nicht ohne Einfluss auf die Drüsenbewegungen sein können. Dass erstere namentlich bei der Bloslegung des Trigeminus noch beträchtlich erhöht werden, liegt auf der Hand. Von den technischen Schwierigkeiten abgesehen, können die Misserfolge der Reizungen überhaupt, besonders der gesonderten, bei den Nerven zum Theil auch auf jenen Momenten beruhen, und diese sind es, welche mich veranlassten, gleich Eingangs zu betonen, dass die Drüsen durch mein Verfahren „unter nahezu normalen Verhältnissen“ beobachtet werden konnten.

Dazu kommt noch die vollständig uncontrolirbare Wirkung des Curare auf die Drüsenbewegung. Denn obwohl ich Misserfolge und Erfolge in gleicher Weise an curarisirten und nicht curarisirten Fröschen zu verzeichnen hatte, so muss ich doch anführen, dass ich an nicht curarisirten Fröschen, deren Nickhautdrüsen keine Bewegung zeigten, diese öfters eintreten sah, wenn ich den schon aufpraeparirten Frosch noch nachträglich schwach curarisirte. Ob dies ein *post hoc ergo propter hoc* war, lasse ich dahingestellt.

Das Verdienst, auf die Volumsänderung der Drüsenzellen nach elektrischer Reizung zuerst aufmerksam gemacht zu haben, gebührt Stricker und Spina. Es handelt sich nun noch um die Frage, ob dieselbe eine active ist oder durch andere Umstände bedingt wird. Es wird sich das ergeben, wenn wir

die Secretion

selbst näher betrachten.

Stricker und Spina erwähnen nur, „dass mit der Erweiterung des Ausführungsganges der Drüse ein Tropfen des Secretes aus ihm hervortritt“. Der Ansicht, dass das Secret periodisch gebildet und periodisch ausgestossen wird, scheint auch Biedermann zu sein. Ein einfacher Versuch lehrt

aber, dass, wie Eingangs behauptet wurde, Bildung des Secretes und Absonderung desselben aus der Drüse eine continuirliche ist und unabhängig vom Blutdrucke vor sich geht. Damit fällt auch die Stricker-Spina'sche Secretionshypothese.

Man schneide eine Nickhaut aus,[1] pinsle sie, auf einen Objectträger gebracht, mit Wasser ab und belege sie mit einer Schicht fein geriebener Tusche, so wird man unter dem Mikroskope sehen, dass alle Drüsen sprudelnden Quellen vergleichbar sind.

In dem dunklen Gesichtsfelde werden sofort zerstreut kleine helle Stellen sichtbar, welche sich rasch radienartig erweitern oder schmale, lichte Streifen, die immer länger und breiter werden. Im ersten Falle strömt das Secret aus Drüsen, deren Ausführungsgang senkrecht zur Oberfläche gerichtet ist, im zweiten aus Drüsen mit schief durch das Epithel verlaufendem Ausführungsgange.

Zudem machen alle Tuschekörnchen über der ganzen Nickhaut Anfangs lebhafte Molecularbewegungen, und solche, welche dabei in die lichten Streifen gelangen, werden wie von einem unsichtbaren Strom fortgerissen. Jede Verkleinerung des Drüsenlumens hat zur Folge, dass die Tuschekörnchen weit im Umkreise der Mündung des Ausführungsganges auseinander geschleudert werden, darauf wieder zusammen fliessen, ohne jedoch die Mündung bedecken zu können; ein fortwährend aus der Drüse dringender Flüssigkeitsstrom hindert dies und treibt sie von Neuem auseinander oder fort. Dieses Schauspiel dauert bis zu einer halben Stunde und darüber fort, wenn man Sorge trägt, dass die Nickhaut nicht vertrocknet und ab und zu die Tuscheschichte abgepinselt und erneuert wird. Denn allmählich hört die Molecularbewegung der Körnchen auf und man erhält den Eindruck, als ob ein über und über mit schwarzen Körnchen und Krusten besätes Häutchen die Nickhaut bedecken würde. In der That lässt sich ein solches im mikroskopischem Sehfelde mit dem Pinsel abstreifen oder der Nadel wegziehen.

Es beweist dieser Versuch also auch, dass das Secret dünnflüssig wasserklar aus der Drüse kommt und erst später eine zähschleimige Consistenz annimmt.

Wendet man das Verfahren auf die lebende Nickhaut an, so lässt sich damit constatiren, dass, wie schon zu wiederholten Malen betont wurde, die Drüsen in allen Mittelstadien, ob sie lebhafte Formveränderungen zeigen oder nicht, ununterbrochen, in den Ring- und Pfropfphasen gar nicht

[1] Wurde die betreffende Nickhaut zuerst auf dem Glasstabe beobachtet und zeigte sie Pfropf- und Mittelstadien, so wird man diese unmittelbar nach der Querschneidung der Nickhaut erweitert finden.

secerniren.[1] Unter allen Umständen ist aber die Secretion energischer, wenn die Drüsen fort und fort ihre Gestalt ändern.

Das Secret fliesst continuirlich aus der Drüse, so lange sie bandartig bleibt; es beginnt reichlicher zu quellen, wenn sie allmählich in das Mittelstadium mit reducirtem Lumen tritt, und strömt mit gleicher Stärke fort, so lange das Stadium währt; stellt sich dieses oder das Pfropfstadium plötzlich ein, schiesst es wie aus einer Spritze hervor, die Körnchen weit auseinander schleudernd, so sistirt es in letzterem ganz, fängt aber wieder zu strömen an, wenn die Buchten der Membran sich ausgeglichen haben; der Strom wird etwas schwächer, hört aber nicht auf, wenn das Lumen sich wieder allmählich oder rascher erweitert, und steht erst stille, wenn wieder das Ringstadium erreicht ist.

In allen Fällen lässt sich erkennen, dass die Menge des Secretes, beurtheilt nach der Geschwindigkeit, mit welcher die Tuschekörnchen fortgeschwemmt werden, sich unmittelbar steigert, wenn die Zellen dunkel werden und an Volumen zunehmen, so dass Zunahme der Secretmenge und Vergrösserung der Zellen zeitlich nicht getrennt werden kann, und allmählich geringer wird, wenn der Zellbeleg an Höhe abnimmt.

Betrachtet man die Secretion während der Reizung des Sympathicus, so ergiebt sich dasselbe: mit der Vergrösserung der Zellen nimmt die Secretion augenblicklich zu, hält während der Reizdauer mit derselben Stärke an, vermindert sich, wenn der Reiz aufhört und die Zellen an Volumen abnehmen.

Wenn nun, wie Stricker und Spina wollen, nur die sich vergrössernden Zellen, einer Saugpumpe gleich, Flüssigkeit aus der Umgebung der Drüse in sich aufnehmen und in Secret verwandeln, bei ihrer Verkleinerung dasselbe erst in das Lumen und aus diesem endlich bei ihrer abermaligen Vergrösserung auf die Oberfläche pressen sollen, so wäre weder das continuirliche Strömen des Secretes zu verstehen, noch die Thatsache zu erklären, dass Secret auch abgeschieden wird, während die Zellen kleiner werden.

---

[1] Oefters, namentlich in Fällen, wo die Nickhaut über die Norm ausgedehnte Drüsen zeigt, wird man beim ersten Versuche keine Secretion nachweisen können. Der Grund hierfür liegt nicht in der Unthätigkeit der Drüsen, sondern ist durch den Umstand bedingt, dass die oberste Epithellage sich gelockert, verschoben und einige Drüsen selbst verstopft hat (blasige Phase), von den übrigen Drüsen aber das Secret zwischen alter und neuer Epidermisschicht abfliesst. Entfernt man erstere mit einer Staarnadel oder einem Irishäkchen vollständig, so schnurren jene Drüsen zusammen und die Secretion der übrigen ist sofort nachzuweisen. Auch habe ich die Körnchen, so lange sie Molecularbewegungen machten, meistens mit einer fein ausgezogenen Glasröhre wieder über die Mündungen der Ausführungsgänge hin geblasen, anstatt sie mit dem Pinsel darauf zu bringen.

Daraus ist aber ersichtlich, dass weder die Zellen jene saugende Wirkung ausüben können, noch ausschliesslich durch ihre Vergrösserung das Secret aus der Drüse entfernt wird. Es kann daher auch die Vergrösserung der Zellen keine active, sie muss vielmehr eine passive, ein Quellungsprocess sein, welcher sich einfach dadurch erklären lässt, dass, sobald die Drüsenzellen zur Thätigkeit angeregt werden, eine *vis a tergo* das zu Secret zu verarbeitende Material in die Zellen führt. Da dieses so lange geschieht, als die Zellen thätig sind, wird dieselbe Kraft auch zur Fortschaffung des fertigen Secretes aus den Zellen beitragen, wobei nicht ausgeschlossen ist, dass zu dem Zwecke noch andere, im Inneren der Zellen wirkende Kräfte in's Spiel kommen.

Es dürfte nun nicht mehr zweifelhaft sein, dass der Sympathicus es ist, durch dessen Erregung die Drüsenzellen in secretorische Thätigkeit versetzt werden. Erörtert wurde aber bereits (S. 119), dass Ausdehnung und Zusammenziehung der Membran in den Ring- und Mittelstadien nur eine passive sein kann.

Ihre Dehnung in dem Falle, wo die erregten Zellen enorm anquellen, ist nun an sich verständlich.

Wir haben aber gesehen, dass die Membran auch erweitert wird, wenn der Zellbeleg an Höhe abnimmt. Dass dieses nicht durch einen Ueberdruck im Inneren der Drüse geschehen kann, geht aus der Erscheinung der Secretion hervor. Um die Erweiterung in diesem Falle zu erklären, genügt die schon von Engelmann discutirte, von ihm aber wieder aufgegebene Annahme, dass die Drüsenzellen in Folge einer nach gewisser Richtung wirkenden Elasticität immer eine Gleichgewichtslage einzunehmen suchen und diese auch erreichen, wenn ihre Thätigkeit aufhört.

Das nicht secernirende Ringstadium, in welchem die Zellen vollständig abgeplattet erscheinen, muss als jene Gleichgewichtsfigur angesehen werden. Gehen wir von diesem aus, so zeigte sich, dass auf einmaligen schwachen Reiz des Sympathicus der Umfang der Membran abnimmt und das Lumen kleiner wird, was beweist, dass die Zellen sich nicht vergrössert haben, nur ihre Gestalt, aber nicht das Volumen änderten. Denn wäre letzteres der Fall, so müsste der Gesammtflächeninhalt des Drüsenquerschnittes zum Mindesten gleich geblieben sein. Die durch die Reizung eingeleitete Quellung der Zellen erfolgte demnach nur in radiärer Richtung, in Folge dessen werden die Zellen anfangs nur höher und schmäler und die Membran kann sich dem entsprechend zusammenziehen. Hört der Nervenreiz und damit die Thätigkeit der Zellen auf, so werden sich letztere, ihrem elastischen Zuge folgend, abflachen und dabei die Membran um dieselbe Grösse ausdehnen, um die sie früher abgenommen hatte. Erst wenn ein andauernder Reiz die Zellen erregt und damit eine reichliche Zufuhr von

Flüssigkeit eintritt, quellen sie nach allen Dimensionen an und erweitern dadurch die Membran wieder.

Zu untersuchen ist noch, welches jene *vis a tergo* ist, und welchen Einfluss der Trigeminus auf die Secretion übt.

Da vom Blutdrucke ganz abzusehen ist, kann die *vis a tergo* nur in die Drüsenmembran verlegt werden. Dieser wird man eine scheidende Kraft zuschreiben müssen, welche die Gewebsflüssigkeit aus der Umgebung der Drüse in die Zellen überführt, wenn dieselben in Thätigkeit versetzt werden. Dass die Membran für sich ein Excret liefert, kann experimentell nachgewiesen werden.

Nach öfterer Bepinselung der Nickhaut mit Essigsäure lässt sich das Epithel mit dem Scalpelle abstreifen. Dabei reisst man, wie Ascherson ebenfalls angiebt, mitunter den ganzen Zellbeleg aus einer oder der anderen Drüsen heraus und an ihrer Stelle erscheint dann eine unregelmässige geformte Spalte im Bindegewebe. Wird darauf folgend die Tuscheprobe angestellt, so kann man an betreffender Stelle lange Zeit keine Aufhellung sehen. Nach einigen Stunden aber quillt ein Excret aus der Spalte im continuirlichen Strome hervor.

Beobachtet man die Secretion während der Reizung des Trigeminus, so lässt sich an Drüsen, welche dadurch in das Pfropfstadium gebracht werden, bei der Raschheit, mit welcher die Tuschekörnchen durch die Drüsencontraction weit aus einander gespült werden, nicht entscheiden, ob gleichzeitig mit dem Vordringen der Zellen in das Lumen auch eine Vermehrung des Secretes stattfindet. Nach dem Verschwinden des Lumens sistirt die Secretion und es ist in der Drüse sogar ein kurz dauernder negativer Druck vorhanden. Diesen kann man nachweisen, wenn nach dem Schwinden des Lumens die Körnchen rasch auf die Drüsenmündung geblasen werden: sie werden dann in den Ausführungsgang hineingezogen.

Besser und sicherer lässt sich dieser negative Druck feststellen, wenn man die Drüsen durch Pinseln der Nickhaut in das Pfropfstadium überführen kann. Ist in diesem Falle der Pinsel mit Tusche getränkt, so erscheint unmittelbar nach der Contraction der Drüse der ganze Ausführungsgang bis tief in die Drüse hinein mit schwarzen Körnchen gefüllt. Ganz besonders eignen sich zu diesem Versuche Drüsen mit schief durch das Epithel verlaufendem Ausführungsgange: der negative Druck hält nicht lange an, und unter allen Umständen werden die Körnchen wieder hervorgeschleudert, wenn die Buchten der Membran sich auszugleichen beginnen.

Uebrigens zeigen mitunter auch Mittelstadien solchen negativen Druck, aber nie zur Zeit ihrer Ausdehnung. Ohne irgend eine weitere Veränderung an den Drüsen zu bemerken, ausser dass sie ziemlich helle werden, sieht man, dass plötzlich die Körnchen von der Drüse angesaugt werden,

das ganze Lumen erfüllen, indem ein Theil von ihnen sich wie ein Niederschlag an dem Zellrande ansetzt, die übrigen im Lumen Molecularbewegung machen. Ebenso rasch werden sie dann nach einiger Zeit sämmtlich wieder aus der Drüse hervorgeschleudert.

Man kann einen negativen Druck in den Drüsen auch künstlich hervorrufen. In vielen Fällen wirken Drüsen, welche man mit einer Nadel so stark quetscht, dass ihre Zellen theilweise zertrümmert wurden, ansaugend. Dasselbe Schauspiel gewähren absterbende Drüsen. Zu dem Ende lässt man einen Frosch verbluten und macht von ihm das Nickhautpraeparat auf dem Glasstabe. Die Secretion an den Drüsen wird nach längerer Zeit allmählich schwächer und man wird in der Regel eine oder die andere Drüse finden, welche, ohne sich zu erweitern, die Tuschekörperchen ansaugt, längere Zeit behält, wieder ausstösst, wieder ansaugt und so fort. Diese Vorgänge wiederholen sich in immer längeren Pausen, bis endlich die Körnchen nicht mehr ausgestossen werden und Lumen und Ausführungsgang erfüllen.

Kommen aber Ringstadien zur Beobachtung, an welchen die Reizung des Trigeminus nur die Einkerbungen der Membran hervorruft, ohne dass der Zellenbeleg sich dabei ändert, so findet immer ein reichliches Strömen auch aus diesen Stadien während der ganzen Reizdauer statt.

Aus dem Versuche geht so viel deutlich hervor, dass die Contractionskraft der Membran den Widerstand des Zellbeleges zu überwinden sucht, dieses aber nicht erreicht. Um ihn aber richtig zu deuten, wäre es vor Allem nothwendig, die Qualität des Secretes zu kennen. Anscheinend ist es nicht von jenem verschieden, welches die Drüsen liefern, wenn der Sympathicus gereizt wird. Hält man daran fest, dass dieser der eigentliche Drüsennerv ist und die Thätigkeit der Zellen immer mit Quellung verbunden ist, so würde das Experiment ergeben, dass durch die Erregung des Trigeminus nebst der Contraction der Membran auch ihre scheidende Kraft ausgelöst würde, und diese die Gewebsflüssigkeit unverändert durch die an sich unthätigen Zellen führte. Man könnte daraus also weiter schliessen, dass der Trigeminus in zweifacher Hinsicht die Membran innervirt und mit Rücksicht darauf, dass Ring- und Pfropfstadium nicht secerniren, die scheidende Kraft der Membran das Maximum erreicht, wenn ihre Oberfläche eine bestimmte Grösse bietet.

Ich habe auch an Fröschen, denen zu verschiedenen Zeiten ein oder der andere der beiden genannten Nerven durchschnitten wurde, Versuche angestellt und die Nickhäute histologisch geprüft, bin aber, was die Drüsen betrifft, zu nennenswerthen Resultaten nicht gekommen. Ich führe hier nur an, dass nach der Durchschneidung des Trigeminus nicht nur der Nervenplexus mannigfache Veränderungen zeigt, sondern in ganz ausgedehntem Maasse auch die Bindegewebszellen.

Erklärung der Abbildungen.

(Taf. II — VI.)

Taf. II.

Die in den einzelnen Figuren eingetragenen Zahlen bedeuten von oben nach unten: Gesammtflächeninhalt, Flächeninhalt des Drüsenlumens, Differenz beider = Flächeninhalt des Zellbeleges. Die beiden ersten Zahlen sind immer das Mittel aus fünf Messungen.

Fig. 1. Beispiel einer sich spontan ändernden bandartigen Drüse. Die Zeichnungen sind aus einer Reihe von 32 Aufnahmen entnommen, welche innerhalb 15 Minuten gemacht wurden. Sie stellen nicht acht unmittelbar aufeinander folgende Stadien vor; die entsprechenden Zwischenstadien aber waren von den hier abgebildeten nicht sehr wesentlich unterschieden. Nur Stadium 8 ging unmittelbar aus Stadium 7 hervor.

Fig. 2. Reizung des Sympathicus. Man sieht, dass sich auf einen Oeffnungsschlag die Drüse etwas verkleinert, der Zellenbeleg zunimmt, auf 7 Schläge hin die ganze Fläche sich aber wieder bedeutend vergrössert, sogar grösser als das Anfangsstadium wird.

Fig. 3. Reizung des Sympathicus und Trigeminus. Fig. 2 ein Schlag auf den Sympathicus. Nach kurzer Zeit zeigte die Drüse wieder ein der Fig. 1 ähnliches Bild, aus welchem auf 7 Schläge das Bild der Fig. 3 resultirte. Unmittelbar darauf wurde der Trigeminus anhaltend gereizt. Der optische grösste Querschnitt zeigte die Gestalt der Fig. 4.

Fig. 4 zeigt in 2 und 4 die Wirkungen durch Kochsalz, welches in Substanz auf den Ausführungsgang gebracht wurde, Fig. 2 die unmittelbare Aenderung aus Fig. 1. Nach 6 Minuten zeigte die Drüse die Gestalt der Fig. 3; auf die Drüse wurde nochmals Kochsalz gebracht, worauf sich dieselbe bis zu der in Fig. 4 wiedergegebenen Gestalt erweiterte.

Fig. 5. Spontane Drüsenbewegungen combinirt mit Reizung des Sympathicus, Trigeminus und Reiz mit Na Cl in Substanz. Figg. 1, 2, 3, 4, 5 spontane Aenderungen, 6, Reizung des Sympathicus durch einen Schlag, 7, 8, 9, 10, 11, die darauf folgenden spontanen Aenderungen, 12, anhaltende Reizung des Sympathicus, 13, unmittelbar auf 12 folgende anhaltende Reizung des Trigeminus, 15, Aenderung auf Zusatz von Na Cl

nachdem die Drüse wieder spontan eine der Fig. 10 ähnliche Gestalt angenommen hatte. Die Zeichnungen sind aus einer Reihe von 25 Aufnahmen, welche innerhalb einer Zeit von etwas mehr als 10 Minuten angefertigt wurden.

Taf. III.

Figg. 1 und 3. Stark secernirende Drüsen, welche zwei Tage hindurch beobachtet wurden, ohne dass eine Formveränderung an ihnen nachzuweisen war. Membrankerne spindelförmig ausgezogen.

Figg. 2 und 4. Ebenfalls stark secernirende Drüsen, welche verhälnissmässig träge Formveränderungen zeigte. Alle vier Drüsen den Mittelstadien angehörig.

Fig. 5. Eine Drüse mit schief durch das Epithel verlaufendem, stark erweiterten Ausführungsgang. Die punktirte Linie ist ein Segment des grössten optischen Querschnittes der Drüse.

Fig. 6. Eine Drüse im pfropfartigen Zustande. Sie zeigt die stark in die Epithelmasse vordringenden Kerne und die Einbuchtungen zwischen den Kernen. Secretion war an derselben nicht nachzuweisen. Figg. 1, 2, 3, 4 und 6 entworfen und ausgeführt mit Obj. F Oc. 2 Zeiss.

Taf. IV.

Zellentypen aus einer in Müller'scher Flüssigkeit macerirten Drüse. Entworfen mit dem Zeichenprisma, ausgeführt mit Obj. Apert. 0·95 Oc. 4 Apochr. Zeiss.

Taf. V.

Fig. 1. Pfropfartiges Stadium.
Fig. 2. Mittelstadium.
Fig. 3. Ringförmiges Stadium.
} von mit Sublimat gehärteten, in Serien geschnittenen, mit Haematoxylin und Safranin gefärbten Drüsen.

Die Stadien 2 und 3 secernirten sehr energisch, Stadium 1 zeigte keine Secretion.

Fig. 4. Ringförmiges
Fig. 5. Pfropfförmiges
Fig. 6. Mittel-
} Stadium mit 1 procentiger Osmiumsäure gehärteten, ebenfalls mit Blauholz und Safranin gefärbten Drüsen.

Die Stadien 4 und 6 zeigten starke Secretion, Stadium 5 keine Spur einer solchen. Im lebenden Zustande zeigten auch diese drei Drüsen Körnchenzellen. In den Schnitten konnte ich dieselben nicht mehr finden. Sämmtliche Zeichnungen entworfen und ausgeführt mit Obj. 0·95 Apert. Oc. 4. Apochr.

Fig. 7. Detail aus der Uebersichtszeichnung Fig. 1, Taf. VI. Obj. 0·95 Apert. Oc. 8 Apochr.

Fig. 8. Membrana propria aus einer in Müller'scher Flüssigkeit macerirten Drüse. Man sieht in ihr die Kerne. Eosin- und Haematoxylinfärbung. Gezeichnet wie vorausgehende Figur.

Taf. VI.

Fig. 1. Ein Theil einer Nickhaut, nach Entfernung des Epithels mit Essigsäure, frisch mit Haematoxylin gefärbt. Zeigt die Vertheilung von Nerven und Drüsen (die blauen Kugeln) bei Anwendung von Obj. A Oc. 2 Zeiss.

Figg. 2, 3 und 5. Details aus der Fig. 1. Dieselben sind entworfen und ausgeführt mit Obj. 0·95 Apert. Oc. 8 Apochr. Zeiss.

Fig. 4. Die Umgebung einer Drüse. Die ganze Drüse, Membran und Zellenbeleg, wurde aus der Höhle entfernt. Die die Höhle umgebenden Nerven sind hier in der Fläche gezeichnet, und man hat sich vorzustellen, dass dieselben die Höhle, in welcher die Drüse lag, korbartig auskleiden, die in der Lichtung sichtbaren Nerven gehören dem Höhlengrunde an und stehen mit dem übrigen Nervengeflecht in Verbindung. Entwurf und Ausführung der Zeichnung wie oben.

Ueber die Verdauung des Schweines.

Von

Ellenberger und **Hofmeister.**

(Aus der physiologischen Abtheilung der Thierarzneischule zu Dresden.)

Da über die Verdauung des Schweines, eines Thieres, welches als Omnivore unser besonderes Interesse in Anspruch nimmt, nur sehr wenig zuverlässige Mittheilungen vorliegen, haben wir in den letzten Jahren eine grössere Reihe von Versuchen angestellt, welche bezweckten, unsere Kenntnisse über die Verdauungssäfte des Schweines und die bei diesem Thiere ablaufenden Verdauungsvorgänge zu vermehren. Ueber die einzelnen Versuchsergebnisse und die Versuchsanordnung haben wir in verschiedenen Artikeln an anderer Stelle eingehend berichtet.[1]

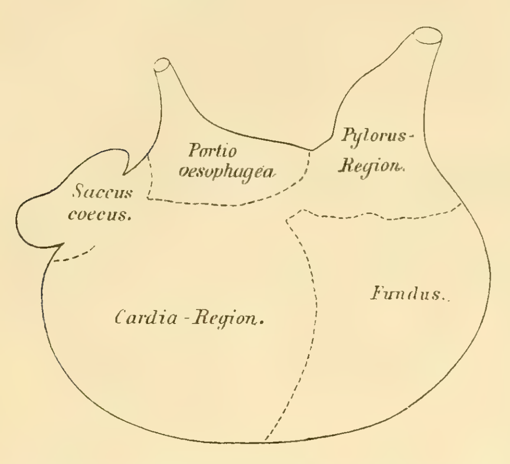
Im Nachstehenden sollen die Resultate einer neueren kleinen Versuchsreihe geschildert werden. Ehe wir aber hierzu schreiten, senden wir zur allgemeinen Orientirung die Hauptresultate unserer früheren Versuche in kurzer Zusammenstellung voraus.

In Bezug auf den Speichel des Schweines stellten wir fest, dass er, wie der Speichel des Pferdes und der Wiederkäuer, kein Rhodankalium enthält, dass er aber reicher an diastatischem Ferment, als der irgend einer anderen Hausthierart ist, und dass der Parotidenspeichel das meiste Ferment besitzt.

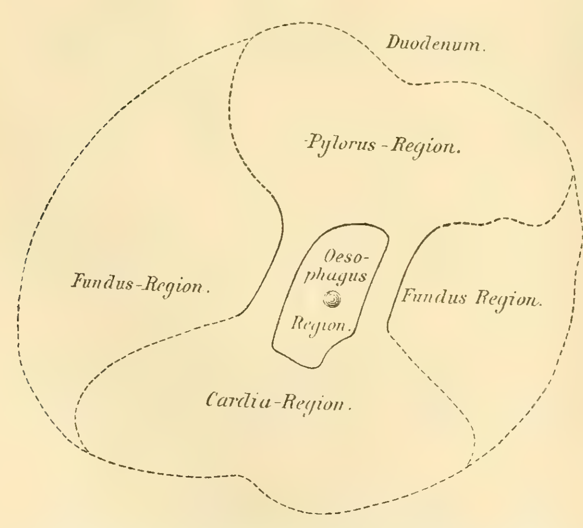
Der Magen des Schweines zeigt eine eigenthümliche anatomische Einrichtung, welche Einfluss hat auf die Secretionsverhältnisse des Magensaftes und auf den Ablauf der Magenverdauung. Unmittelbar an die

[1] *Archiv für wissenschaftliche und praktische Thierheilkunde.* Bd. XI, S. 67, 249. 384; Bd. XII, S. 126. 271. — *Bericht über das Veterinärwesen im Königreich Sachsen.* 31. Jahrg. S. 117.

Cardia schliesst sich eine kleine, etwa handtellergrosse Abtheilung an, die mit der Schlundschleimhaut, einer cutanen, drüsenfreien Schleimhaut (mit Papillarkörper und geschichtetem Plattenepithel) versehen ist. Auf diese folgt eine grössere, circa ein Drittel des Magens einnehmende, linksseitige, dorsal gelegene Ausbuchtung, die eine Schleimhaut besitzt, welche die sogenannten Cardiadrüsen, Gebilde, die den Pylorusdrüsen ähnlich sind, enthält. Dann folgt die ventralgelegene Fundusdrüsen- und darauf die rechts gelegene und ventro-dorsal aufgebogene Pylorusdrüsen-Abtheilung. Der Magen, dessen Wand diese Verschiedenheiten zeigt, ist einhöhlig bis auf einen kleinen blinden Anhängsel, der durch eine kleine Einschnürung von der Magenhöhle getrennt ist. Er befindet sich an der Cardiadrüsen-Abtheilung; seine mit Cardiadrüsen versehene Schleimhaut ist sehr follikelreich. Während die oesophageale Partie des Magens sich mit einem scharfen Rande gegen die Drüsenschleimhaut absetzt, gehen die sämmtlichen Abschnitte der letzteren allmählich in einander über. Die Cardiadrüsenzone sendet an der kleinen Curvatur von links nach rechts an den Rändern des oesophagealen Abschnittes entlang zwei Verbindungsschenkel zu der Pylorusschleimhaut.



Regionen des Schweinemagens in der Seitenansicht, nach Entfernung einer Wand oder bei totaler Umstülpung des unverletzten Magens.



Flächenansicht der Schleimhaut des Schweinemagens. Der Magen ist an der grossen Curvatur geöffnet worden.

Der Magensaft des Schweines enthält das Pepsin, das Labferment, ein Stärkeferment und ein, aber wenig wirksames Fettferment. Auffallend ist, dass die Schleimhautextracte ein bei anderen Thieren fehlendes, gut wirkendes, diastatisches Ferment enthalten. Genauere Untersuchungen thun dar, dass dasselbe von der Cardiadrüsenportion des Magens geliefert wird. Die einzelnen Magenregionen verhalten sich in Bezug auf ihre secretorischen Functionen wie folgt: Der kleine oesophageale Abschnitt der Schleimhaut secernirt nichts, die Schleimhaut des Cardiadrüsenabschnittes (incl. Blindsack) liefert ein neutrales oder alkalisches, ein diastatisches Ferment, aber kein Pepsin enthaltendes Secret; die Fundusdrüsenschleimhaut secernirt eine, HCl und die genannten Fermente enthaltende, sauer reagirende Flüssigkeit, die Pylorusschleimhaut sondert ein neutrales, wenig Pepsin, viel Schleim, keine Säure enthaltendes Secret ab. Die Magensäuren, sowohl die im Fundus producirte HCl, als die von den Nahrungsmitteln durch das Milchsäureferment gelieferte Gährungsmilchsäure werden von der ganzen Magenschleimhaut leicht imbibirt, so dass die frische Schleimhaut eines gefüllten Magens an allen Stellen Säure enthält; bei der Schleimhaut des leeren, mit Wasser ausgespülten Magens ist dies nicht der Fall.

Die Magenverdauung. Der Mageninhalt ist bei Körnerfutter verhältnissmässig trocken und enthält nur 60—70 Procent Wasser. Seine Reaction ist nur während und unmittelbar nach der Mahlzeit in den der Cardia nahe liegenden Inhaltmassen alkalisch oder neutral. Bald darauf herrscht im ganzen Magen sauere Reaction. Der Säuregrad steigt vom Ende der Mahlzeit bis zur Höhe der Verdauung von 0·02 bis 0·2, selbst 0·3 Procent (bei Berechnung auf Salzsäure). Anfangs bis inclusive der dritten Verdauungsstunde ist der Säuregrad in den Cardiadrüsenabschnitten viel niedriger als im Fundus (z. B. 0·07 gegen 0·2 Procent). Später kann er zufolge reichlicher Entwickelung der Gährungsmilchsäure in den Cardiaregionen höher werden als im Fundus und Pylorus. Man findet im ganzen Magen stets Milchsäure. Salzsäure dagegen ist im Fundus sehr bald nach der Mahlzeit, in der Cardiadrüsenabtheilung aber erst in der zehnten bis elften Stunde nach derselben nachweisbar. Danach berechnet sich die im Magen vorhandene Säuremenge anders als angegeben. In den Cardiasäcken findet man bei vorgeschrittener Verdauung nicht 0·2 Procent Salzsäure, sondern 0·6 Procent Milchsäure.

Im Mageninhalt sind nicht nur die oben angegebenen Fermente des Magensaftes und des abgeschluckten Speichels, sondern auch ein mächtig wirkendes Milchsäureferment vorhanden. Dieses und das amylolytische Ferment wirken Anfangs im Inhalte des ganzen Magens, in späteren Verdauungsstunden nur in dem der Cardiaregionen.

Der Mageninhalt wird nach der Aufnahme allmählich von der Cardia zum Pylorus geschoben, wobei der bei weitem grösste Theil desselben die Fundusdrüsenregion passirt, während sich eine kleine Portion an der kleinen Curvatur entlang schiebt und direct in die Pylorusregion eintritt.

Die Magenverdauung währt, wenn auch schon bald nach der Mahlzeit ein kleinerer Theil des Mageninhaltes in das Duodenum befördert wird, von einer Mahlzeit bis zur anderen, so dass ein Theil des Inhaltes von dem bei der folgenden Mahlzeit neu Aufgenommenen verdrängt werden muss.

In Bezug auf den Ablauf der Magenverdauung kann man drei bis vier Perioden unterscheiden:

1. Eine rein amylolytische Periode. Diese beginnt mit der Mahlzeit, hält während und kurze Zeit nach derselben an und geht dann in die zweite Periode über. Sie zeichnet sich aus durch Umwandlung der Stärke in lösliche Modificationen (namentlich Zucker) und durch Bildung von Milchsäure.

2. Eine vorwiegend amylolytische Periode, in welcher aber auch schon Proteolyse statthat. Die Milchsäuremenge hat bedeutend zugenommen, die Amylolyse hält noch im ganzen Magen an, gleichzeitig werden aber auch schon Eiweisskörper gelöst. Salzsäure ist nur in der Nähe der Schleimhautoberfläche der Fundusdrüsenregion zu constatiren.

3. Eine Periode, in welcher in der Cardiadrüsenpartie des Magens die Amylolyse bei gleichzeitiger Proteolyse stattfindet, während in der Fundusdrüsenabtheilung nur Proteolyse, aber keine Amylolyse zu constatiren ist. Im Pylorus bestehen neben den proteolytischen noch amylolytische Vorgänge. In den Cardia- und Pylorusdrüsenabschnitten findet man nur Milchsäure, in den Fundusdrüsenabschnitten nur Milch- und Salzsäure.

4. Die Amylolyse sinkt, die Salzsäure verbreitet sich immer weiter im Mageninhalte und die proteolytischen Vorgänge nehmen bei Abnahme der Milchsäureproduction und der Milchsäuremenge zu. Schliesslich tritt ein rein proteolytisches Salzsäurestadium ein. Noch in der elften Verdauungsstunde aber laufen in der Umgebung der Cardia amylolytische Vorgänge ab, wenn auch der Zucker- und Milchsäuregehalt des Mageninhaltes bedeutend gesunken ist. Bei der gewöhnlichen Folge der Mahlzeiten tritt also das rein proteolytische Stadium gar nicht ein.

Die geschilderten Perioden der Verdauung gehen allmählich in einander über. Da in der Regel bei Beginn der neuen Verdauung noch Reste der früheren Mahlzeit im Magen vorhanden sind, so laufen duodenalwärts noch die Vorgänge der letzten Periode der vorhergehenden Verdauung ab, während cardiawärts bereits die Vorgänge der neuen Verdauung beginnen.

An gelösten Nährstoffen und deren Verdauungsproducten fanden wir

im Magen im Durchschnitt Folgendes: Die Zuckermenge schwankte von 0 bis 9 ^{grm}. Die höchsten Mengen fanden fanden sich in den ersten Verdauungsstunden; bei einer 22 stündigen Verdauung war kein Zucker mehr im Magen vorhanden. Die Menge des gelösten Eiweisses schwankte zwischen 0·6 bis 9 ^{grm}. Die grösste Menge war zwei Stunden nach der Mahlzeit zugegen. Pepton fand man von 1·6 bis 7·2 ^{grm}. Procentisch nahm der Peptongehalt von der zweiten bis zur zwölften Verdauungsstunde zu, er stieg von 0·3 auf 0·6, 0·75, 0·77, 0·9 bis 1·17 Procent. Bei dem 22 Stunden *post pabulum* getödteten Schweine war kein Pepton mehr zugegen. Der Pepton- und Zuckergehalt war in den einzelnen Abschnitten des Magens durchaus verschieden.

Die Ausgiebigkeit der Magenverdauung richtet sich nach individuellen Verhältnissen, nach der Reichhaltigkeit der Mahlzeit u. s. w. Bei mässigen Hafermahlzeiten wurden im Magen 50—70 Procent der Eiweisskörper und 40—50, ausnahmsweise bis 60 Procent der N freien Stoffe des Hafers gelöst, resp. verdaut. Bei sehr starken Mahlzeiten sinkt natürlich der Procentsatz. In Grammen wurden bei verhältnissmässig kleinen Thieren und kleinen Mahlzeiten (500—900 ^{grm} Hafer) ca. 35—55 ^{grm} Eiweiss und ca. 150—270 ^{grm} N freie Stoffe verdaut. Diese Quantitäten steigerten sich ohne Erhöhung des procentischen Verhältnisses bei stärkeren Malzeiten und längerer Verdauungszeit. Auffallend erscheint es, dass schon drei Stunden nach Beginn der Mahlzeit 50 Procent der Eiweisskörper des aufgenommenen Hafers verschwunden sind, trotzdem in dem grössten Theile des Magens weder genug Pepsin, noch genug Salzsäure zur Proteolyse zugegen ist. Die Vorgänge im Magen finden aber ihre Anregung nicht bloss in dem Vorhandensein der vom Magen gelieferten, sondern auch, wie unsere Versuche ergeben, in dem in den rohen Körnern reichlich enthaltenen und sehr wirksamen diastatischen und in dem weniger wirksamen proteolytischen Fermente. Auch Luftfermente kommen in Betracht.

Die Darmverdauung: 1. Die Schweinsgallle besitzt kein diastatisches Ferment, wie dies in der Galle anderer Thiere vorhanden ist, trägt aber im Uebrigen die bekannten Eigenschaften an sich. 2. Der Darmsaft enthält ein diastatisches, keine anderen Fermente. 3. Der Pankreassaft besitzt drei Fermente, ein proteolytisches, ein amylolytisches und ein Fettferment.

Verdauungsvorgänge. Im Dünndarm findet die Löslichmachung der im Magen nicht verdauten Eiweisskörper und Kohlehydrate statt, daneben erfolgt die Spaltung und Emulsionirung von Fetten. Auch laufen Gährungs- und Fäulnissprocesse, wenn auch in geringem Grade, ab. Die Verdauungsproducte findet man im Dünndarm deshalb nur in unbedeuten-

den Mengen, weil die Resorption so lebhaft vor sich geht, dass es zu keiner Ansammlung der resorbirbaren Verdauungsproducte, namentlich des Peptons, kommen kann. Wir constatirten im Dünndarminhalt von acht Schweinen nur bei dreien geringe Mengen Pepton (0·8—2·1 ^{grm}, 0·2—0·4 Procent des Inhaltes). Die sonstigen stickstoffhaltigen Bestandtheile betrugen, auf Eiweiss berechnet, 7·5—15·0 ^{grm}. Diese entstammten aber fast nur dem Darmschleim, dem Darmepithel, dem Darm- und Magensaft, der Galle und dem Pankreassaft, wie Versuche an Thieren, die nur stickstofffreie Nahrung erhielten, darthaten. Die Zuckermengen übertrafen die Peptonmengen, weil Zucker schwerer resorbirbar ist als Pepton; man fand drei und vier Stunden nach der Mahlzeit 1·2 und später 0·2—0·4 Procent oder in Grammen Anfangs 3—7, später 1—2 ^{grm}. Im Dickdarm konnte (im Gegensatz zum Pferde) kein Pepton und kein Zucker nachgewiesen werden. Eine Ausnahme machte ein nur mit Stärke gefüttertes Schwein; bei diesem fand man im Dickdarm Zucker und Milchsäure.

Im Dünndarm traf man stets nur geringe Mengen Hafer an. Dieselben waren schon hochgradig verdaut. Die Eiweisskörper derselben waren zu 69—77·4 und ihre stickstofffreien Bestandtheile zu 65—72 Procent gelöst. Der angeführte Procentsatz stieg, wie bei der Magenverdauung, mit der Verdauungszeit, und zwar im Darm von der 4. bis zur 12. resp. 22. Verdauungsstunde.

Im Blinddarm und im Grimmdarm waren die N haltigen Nährstoffe der daselbst vorhandenen Hafermenge zu 80—87 und die N freien Nährstoffe zu 70—77 Procent gelöst.

Von den aufgenommenen N haltigen Nährstoffen waren ungelöst im Magen 30—40 und 50 Procent, im Dünndarm 22—28 Procent, im Dickdarm 12—20 Procent und von den N freien im Magen 35—53 Procent, im Dünndarm 25—30 Procent und im Dickdarm 5—20 Procent.

Die Reaction des Dünndarminhaltes fand man im vorderen Abschnitte (zuweilen bis fünf Sechstel) sauer, im hinteren Theile alkalisch; der Inhalt des Blinddarmes und des Anfangstheiles des Kolons war alkalisch; im Endabschnitte des Kolons und im Rectum war die Reaction zuweilen sauer, zuweilen neutral, zuweilen alkalisch.

Ueber die Gesammtverdauung der eingeführten Hafermahlzeiten ergaben unsere Versuche Folgendes: Zwei Stunden nach der Mahlzeit waren 50 Procent der N haltigen und 44 Procent der N freien und zehn Stunden nach derselben 70 Procent der N haltigen und 62 Procent der N freien Nährstoffe gelöst. Bei 22 stündiger Verdauung stieg dies auf 75 resp. 68 Procent. Normaliter, d. h. bei regelmässiger Folge der Mahlzeiten, ist aber die Lösung offenbar eine bedeutendere, weil durch die neuen Mahlzeiten eine lebhaftere Secretion der Verdauungssäfte stattfindet und weil

sich unter den gefundenen ungelösten, d. h. nicht filtrirenden Stoffen, die als Nährstoffe in Ansatz gebracht wurden, solche befinden, welche dem Körper angehören, nämlich Epithel, Schleim, Gallenniederschläge u. dgl.

Ueber die Aufenthaltszeiten der Nahrung im Darmcanale wurde Folgendes constatirt:

Die Entleerung der Reste einer aufgenommenen Mahlzeit beginnt beim Schweine 18—24 Stunden nach derselben (zuweilen auch früher) und ist in 12 weiteren, also 36 Stunden nach der Futteraufnahme, im Wesentlichen beendet.

Reste der verzehrten Nahrungsmittel verweilen aber, namentlich, wenn es sich um schwerer verdauliche Sachen handelt, bedeutend länger; sie bleiben in den Taschen des Dickdarmes unter Umständen acht Tage und noch länger liegen. Im Magen verweilt ein Theil der aufgenommenen Nahrung, wenn sie nicht aus absolut verdaulichen und löslichen Stoffen (zartes Fleisch, Zucker, Pepton u. s. w.) besteht, bis zur nächsten Mahlzeit. Ist die neue Mahlzeit reichhaltig genug, dann schiebt sie alle Reste der früher aufgenommenen Nahrung aus dem Magen heraus. Ist aber die neue Mahlzeit nur knapp, dann bleibt Anfangs noch ein Rest der früheren Mahlzeit im Pylorustheil des Magens liegen.

In den Dünndarm treten die ersten Portionen einer Hafermahlzeit circa drei bis vier Stunden nach derselben ein. Nach weiteren drei resp. fünf bis sechs Stunden nach dem Ende einer Mahlzeit ist ein kleiner Theil des Dünndarminhaltes schon im Coecum angelangt. Der bedeutendste Theil ist zu dieser Zeit aber noch im Magen. Im Dünndarm halten sich die Nahrungsmittel nur eine kurze Zeit auf. Im Dickdarm verweilen sie je nach der Natur der Nahrung, nach der Füllung des Dickdarmes, nach der Menge u. s. w. der nachrückenden Massen, nach der Individualität des Thieres u. dgl. verschieden lange. Wir fanden Theile des genossenen Hafers schon 12 Stunden nach der Aufnahme im zweiten Drittel des Kolons.

Die Resorption. a) In den einzelnen Abschnitten.

Von den in dem genossenen Hafer enthaltenen Nährstoffen waren verschwunden: 1. im Magen 40—66 Procent der N haltigen und 40 bis 66 Procent der N freien; 2. im Dünndarm ca. 85—90 Procent der N freien; 3. im Dickdarm ca. 85—94 Procent der N haltigen und 70—77 Procent der N freien Stoffe. Die Resorption stieg mit der Verdauungszeit; so fand man im Magen drei Stunden nach Beginn der Mahlzeit 40 und 22 Stunden nach derselben 66 Procent, und im Dickdarm 10 Stunden nach der Aufnahme 85 und 22 Stunden nach derselben 94 Procent der N haltigen Stoffe resorbirt.

b) Im ganzen Magendarmcanale.

Die Gesammtresorption des Eingeführten stieg von 40 Procent (drei Stunden nach Beginn der Mahlzeit) bis 68 Procent (10 Stunden nach der Mahlzeit) und bis 75 Procent (22 Stunden nach der Mahlzeit) der stickstoffhaltigen und 42—68 Procent der N freien Bestandtheile. Diese Versuchsresultate zeigen, wie viel von einer eingeführten Mahlzeit bereits resorbirt ist, wenn die nächste (nach 6—12 Stunden) folgt, nicht aber die Ausnutzung der eingeführten Nahrung. Diese ist natürlich bedeutender. Bei unseren Versuchen befand sich stets ein nicht unerheblicher Theil der Nahrung in den vordersten Partien des Darmes (Magen), war also noch gar nicht in das eigentliche Resorptionsorgan, den Dünndarm, eingetreten. Wie hochgradig die Ausnutzung der Nahrung ist, zeigen uns die Verhältnisse der Nährstoffe im Dickdarm, wo die N haltigen Bestandtheile fast ganz verschwunden sind.

Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass die in Bezug auf Verdauung und Resorption zu den verschiedenen Verdauungsstunden u. s. w. gegebenen Zahlen nur dazu geeignet sind, eine ungefähr richtige Vorstellung von dem Ablauf und der Ausgiebigkeit der Verdauung und der Resorption zu geben.

Von den unvermeidlichen, nicht unbedeutenden Fehlern der Untersuchung und Berechnung ganz abgesehen, müssen individuelle Verhältnisse, die Fütterungszeiten, die Grösse der Mahlzeiten, die Aussentemperatur u. s. w. auf die Zahlen influiren.

Unter den vorstehend angegebenen Versuchsergebnissen dürften das meiste Interesse diejenigen über den Ablauf der Magenverdauung und dem bei dieser stattfindenden Mitwirken solcher Fermente erregen, die in den Nahrungsmitteln enthalten sind. Da sich aber unsere Versuche über die Magenverdauung nur auf ein Nahrungsmittel, nämlich den Hafer, erstreckten, so lassen sich aus dieser Thatsache Einwände gegen unsere Versuchsergebnisse erheben. Deshalb haben wir unsere Untersuchungen zunächst wenigstens noch auf ein anderes Nahrungsmittel, die Kartoffeln, ausgedehnt. Die zu den Fütterungen benutzten Kartoffeln enthielten im ungeschälten Zustande in der Trockensubstanz:

80·00 Stärkemehl,
2·37 Faser,
12·20 Eiweiss,
5·00 Asche,
0·43 unbestimmte Stoffe.

Bei den Analysen der Kartoffeln haben wir aus praktischen Gründen den gefundenen Stickstoff durchgängig auf Eiweiss berechnet, trotzdem uns bekannt ist, dass ein Theil auf Nuclein und andere Stoffe zu beziehen ist.

Während bei der Verdauung der Körner das in diesen enthaltene Stärkeferment in wesentliche Berücksichtigung zu ziehen ist,[1] scheint bei der Kartoffelverdauung nur das dem Körper entstammende, von den Speichel- und Cardiadrüsen gelieferte diastatische Ferment in Frage zu kommen. Im rohen Kartoffelbrei, welcher mit Wasser in den Verdauungsofen eingestellt wurde, kam keine erhebliche Verzuckerung zu Stande; die Milchsäuremenge wurde vermehrt, aber nicht bedeutend. In gekochten und gesottenen Kartoffeln fanden wir 0·2—0·35 Procent Zucker. Beim Stehen an der Luft vermehrte sich der Zuckergehalt in zwei Stunden auf 0·5 Procent und sank später wieder auf 0·4 Procent, während sich Milchsäure bildete.

1. Versuch. Ein ca. $^1/_2$ Jahr altes, gesundes Schwein erhielt zwei Tage lang nur Kleie und Heidelbeeren als Scheidungsfutter. Dann folgte ein 24 stündiges Hungern. Darnach erhielt das Schwein eine aus gedämpften Kartoffeln bestehende Mahlzeit. Es nahm von 2000 ^{grm} vorgelegter Nahrung 1680 ^{grm} auf; die im Troge zurückgebliebenen gequetschten Kartoffeln waren mit abfliessendem Mundspeichel durchtränkt. Sie enthielten in Folge dessen 2 Procent Zucker und Milchsäure, ein neuer Beweis für die kräftige diastatische Wirkung des Speichels der Schweine. Eine Stunde nach Beendigung der Mahlzeit wurde das Schwein getödtet. Man fand im Magen 1760 ^{grm} Inhalt (790 ^{grm} in der links von der Cardia gelegenen, 640 ^{grm} in der mittleren und 330 ^{grm} in der Pylorusregion), der durchgängig sauer reagirte. Der Säuregrad betrug in dem rechten Drittel des Magens 0·2 und in den übrigen zwei Dritteln 0·08 Procent. Diese Verschiedenheit erklärt sich daraus, dass in dem darmwärts gelegenen Magenabschnitte noch die letzte Periode der Verdauung der vor der Versuchsmahlzeit aufgenommenen Nahrung ablief. Dies bestätigte auch der Augenschein insofern, als man hier noch Reste der früheren Mahlzeiten, nämlich Theile von Stroh, Kleie und Heidelbeeren vorfand.

Der angegebene Säuregrad bezieht sich auf Salzsäure. Diese Säure war aber in dem Inhalte der schlundwärts gelegenen zwei Drittel des Magens nicht nachzuweisen. Während man hier nur Milchsäure fand, war in dem darmwärts gelegenen Theile Salz- und Milchsäure zugegen. Rechnet man sich den Säuregrad des Inhaltes der linken Magenabtheilung von Salz- auf Milchsäure um, dann erhält man 0·20 Procent.

---

[1] *Archiv für wissenschaftliche und praktische Thierheilkunde.* Bd. XIII. S. 188: Ueber die Herkunft und Natur des bei der Magenverdauung wirksamen amylolytischen Ferments; — Bd. XIV. S. 55: Das Vorkommen eines proteolytischen und anderer Fermente im Hafer und deren Einwirkung auf die Verdauungsvorgänge. — *Fortschritte der Medicin.* Bd. IV. S. 681: Ein Beitrag zur Verdauungslehre.

Zucker fand man in der Cardiaabtheilung des Magens zu 2·5, in der Mitte zu 2·8 und in der Pylorusabtheilung zu 0·8 Procent vor.

Pepton war nicht und gelöstes Eiweiss nur in sehr geringen Mengen (in der Cardiaabtheilung zu 0·2, in der Mitte und rechts zu 0·8 Procent) zugegen.

Im Dünndarm fand man im ersten Drittel bereits Theile der Kartoffelspeise, gemischt mit Kleie und Heidelbeeren, im zweiten und dritten Drittel waren nur die letzteren Stoffe nachweisbar, die sich auch im ganzen Dickdarm, in welchem allerdings auch noch Reste des vor drei Tagen gefütterten Strohes zu finden waren, nachweisen liessen. In dem bereits Kartoffeltheile enthaltenden Vorderabschnitte des Dünndarmes waren 2·5 Procent Zucker zugegen.

Der Inhalt der vorderen zwei Drittel des Dünndarmes reagirte sauer, weiterhin war in demselben und im Dickdarm, abgesehen vom Rectum, dessen Inhalt neutral war, alkalische Reaction zu constatiren.

Die quantitativen Bestimmungen des Mageninhaltes dieses Thieres sind leider deshalb wenig verwerthbar, weil in Folge eines Versehens die Untersuchung des Dünndarminhaltes, welcher bereits Kartoffeltheile enthielt, unterblieben war.

Verzehrt hatte das Schwein 487·76 ^{grm} trockene Kartoffeln mit 59·51 ^{grm} Eiweiss und 390·2 ^{grm} Stärke. An ungelösten Theilen fand man im Magen nur 228·25 ^{grm} Trockensubstanz mit 25·6 ^{grm} Eiweiss, 174·4 ^{grm} ungelöste Stärke und 35·24 ^{grm} gelösten Zucker (= 31·7 ^{grm} Stärke) und 8·73 ^{grm} gelöstes Eiweiss, so dass demnach von den mit den Kartoffeln eingeführten Nährstoffen bereits 48 Procent der Stärke und 42·3 Procent des Eiweisses fehlten. Da man nur in dem vordersten Theile des Dünndarmes Stärke und Zucker in nicht beträchtlicher Quantität fand, so ist anzunehmen, dass schon in der ersten Stunde nach einer Kartoffelmahlzeit ein sehr bedeutender Theil der aufgenommenen Nährstoffe verdaut und resorbirt wird, wenn das betreffende Thier eine kräftige Verdauung besitzt.

Aus diesem ersten Versuche ging hervor, dass wie bei der Körner-, so auch bei der Kartoffelfütterung bedeutende amylolytische Vorgänge im Magen ablaufen und dass auch bei dieser Ernährung die in den einzelnen Magengegenden ablaufenden Vorgänge verschieden unter einander sind.

In Anbetracht dessen, dass der Magen des Schweines niemals leer wird, und dass sonach stets eine Vermischung des Versuchsfutters mit der vorhergehenden Nahrung eintritt, wodurch die Versuchsergebnisse sehr unsicher werden, beschlossen wir, unser Augenmerk zunächst nur auf einen Nährstoff, und zwar die Stärke, zu richten und sonach mehrere Tage vor der Verabreichung der Versuchsmahlzeit eine Nahrung zu geben, in welcher

sich keine Kohlehydrate befinden. Auch wählten wir eine Nahrung, die keine Rohfaser enthielt, damit die Rohfaserbestimmung des Magendarminhaltes auf das genossene Versuchsfutter zurückbezogen werden konnte. Bei einer späteren Versuchsreihe soll die Eiweissverdauung studirt werden. Hierbei würde mehrtägige Ernährung mit stickstofffreiem Futter der Verabreichung des Versuchsfutters vorherzugehen haben.

2. Versuch. Das Thier erhielt vier Tage lang Fleisch und Milch, am fünften Tage nur Wasser. Die Streu war während dieser fünf Tage dem Thiere entzogen worden, um eine zufällige Aufnahme von Streustroh zu verhindern. Am sechsten Tage wurde dem Schwein das Versuchsfutter, aus gedämpften und geschälten Kartoffeln und Wasser bestehend, verabreicht. Bei diesem und den folgenden Thieren sind deshalb geschälte Kartoffeln zur Verwendung gelangt, weil durch die Kartoffelschalen, die sich zuweilen an einzelnen Stellen im Magen oder Darm anhäufen, Fehler in den Untersuchungsresultaten herbeigeführt werden können. Die geschälten Kartoffeln bestanden, wie mehrere Analysen ergaben, in der Trockensubstanz aus 81·6 Stärkemehl, 1·6 Faser, 11·5 Eiweiss, 4·5 Asche, 0·8 unbestimmten Stoffen. Zwei Stunden nach der genannten Mahlzeit erfolgte die Tödtung des Schweines. Das Thier hatte 2376·5 ^{grm} Kartoffeln verzehrt. Im Magen fand man 2300 ^{grm} Inhalt, aus Kartoffelbrei, Kartoffelstücken und Flüssigkeit bestehend. Fremde Beimengungen waren nicht zugegen.

Der Säuregrad (auf HCl berechnet) betrug im Cardiasack 0·025, in der Mitte des Magens 0·12, gegen den Pylorus hin 0·21 Procent. Dabei enthielt der Inhalt der Cardiaregion 1·9 Zucker und kein gelöstes Eiweiss, der der Pylorusgegend 0·7 Procent Zucker und viel gelöstes Eiweiss.

Die Untersuchung der Magenflüssigkeit auf das Vorhandensein von Salzsäure konnte leider erst acht Tage später vorgenommen werden. Man fand in der rechten Magenabtheilung 0·124 Procent HCl, 0·394 Procent Milchsäure und 0·007 Fettsäure. Im Cardiasaft war eine bedeutende Vermehrung der Säuremenge durch Gährung eingetreten, so dass 0·7 Procent organische Säure und Spuren Salzsäure constatirt werden konnten.

Der Dünndarminhalt betrug 890 ^{grm}; er enthielt Kartoffelbrei und im Ileum auch Stücke von Kartoffeln. Hier fand man auch noch etwas Stroh und Haferspelzen (vor fünf Tagen aufgenommen!). Der Zuckergehalt betrug in den vorderen Partien des Dünndarmes 3·6 und im Ileum nur 0·3 Procent.

Im Blinddarm waren keine Kartoffeltheile nachzuweisen.

Die quantitativen Bestimmungen des Magen- und Dünndarminhaltes ergaben Folgendes:

Man fand im Magen an ungelöstem Material: 320·5 ^{grm} Trockensub-

stanz, 26·3 grm Eiweiss, 6·4 grm Faser, 288·4 grm Stärke und 11·9 grm Asche, an gelösten Stoffen: 25·89 grm Zucker = 23·3 grm Stärke. Die Bestimmung des gelösten Eiweisses verunglückte.

Der Dünndarm enthielt 3·9 grm ungelöstes und 6·1 grm gelöstes Eiweiss und 23·8 grm ungelöste und 24·0 grm gelöste Stärke (Zucker). Vergleicht man die Einnahme mit den im Magen und Dünndarm vorhandenen Resten ungelöster Nährstoffe, dann erhält man folgendes Bild über die in den zwei Stunden nach der Mahlzeit stattgefundene Verdauung:

	Stärke	Eiweiss	Faser
Das Schwein hatte verzehrt	453·8 grm	63·9 grm	8·9 grm
Man fand im Magen und Dünndarm ungelöst	312·2 „	30·2 „	8·9 „
Differenz	141·6 grm	33·7 grm	—

Somit wären 31·2 Procent der aufgenommenen Stärke als verdaut anzusehen. Von der Faser war nichts verdaut worden.

Ein Bild von der stattgehabten Resorption giebt folgende Aufstellung:

	Stärke	Eiweiss	Faser
Das Schwein hatte aufgenommen	453·8 grm	63·9 grm	8·9 grm
Man fand an gelösten und ungelösten Nährstoffen im Magen u. Dünndarm	Stärke u. Zucker 359·5 grm	36·3 „	8·9 „
Differenz	94.3 grm	27·6 grm	—

Sonach waren 20·8 Procent der aufgenommenen Kohlehydrate bereits resorbirt.

Die im Magen vorhandenen 6·4 grm Faser entsprechen 400 und die im Darm angelangten 2·5 grm Faser 156 grm ungeschälten Kartoffeln. Sonach ist fast ein Drittel der aufgenommenen Nahrung bereits in den Darm eingetreten.

Wollte man auf Grund der angegebenen vorhandenen Fasermengen die Stärkeverdauung im Magen bez. im Darm für sich berechnen, dann erscheint im Magen ca. 12 Procent, im Darm ca. 80 Procent derjenigen Stärkemenge verdaut, welche den daselbst vorhandenen Kartoffelmengen entspricht.

400 grm Kartoffeln im Magen enthalten	326·4 grm	Stärke
Vorhanden waren	288·4 „	„
Verdaut	38·0 grm	Stärke

156 grm Kartoffeln im Darme entsprechen	127·25 grm	Stärke
Vorhanden waren	23·80 „	„
Verdaut	103·45 grm	Stärke

3. Versuch. Das Versuchsschwein, welches vorher mit Kartoffeln gefüttert worden war, erhielt einen Tag Kalbsknochen und Fleisch, hungerte dann 24 Stunden und erhielt darauf die Versuchsmahlzeit, aus 2500^{grm} gedämpften, geschälten Kartoffeln bestehend. Dreieinhalb Stunden nach der Mahlzeit wurde das Schwein getödtet. Im Magen fand man ausser Kartoffeln noch Reste der Kalbsknochen und etwas Stroh. Diese Nahrungsmittel sind also über 30 Stunden im Magen geblieben. Der Mageninhalt wog 1665^{grm}; der Säuregrad (auf HCl) betrug cardiawärts 0·05, pyloruswärts 0·15 und in der Mitte 0·08 Procent, der Zuckergehalt in der Cardiaregion 2·5, in der Mitte 2·0, rechts 0·6 Procent. Ueberall fand man gelöstes Eiweiss (1 Procent), aber kein Pepton. Die Säurereactionen ergaben in dem Inhalte der linken Magenhälfte reine Milch- und rechts Milch- und Salzsäurereactionen.

Der Dünndarminhalt betrug 570^{grm} (mit 34·5^{grm} Trockenrückstand). Er enthielt 2·5 Procent Zucker im Anfangsdrittel, 0·8 Procent in der Mitte und 0·4 Procent am Ende und durchgängig 1·4 Procent lösliches Eiweiss. Ausser Kartoffelresten waren auch noch Knorpel- und Knochentheilchen vorhanden. Der Dickdarm enthielt Knorpel, Knochen und Kartoffelschalen (vor vier Tagen gefüttert) u. dgl.

Die Untersuchung des Magen- und Dünndarminhaltes erstreckte sich ausser auf Stärke, Zucker und Faser zwar auch auf Eiweiss und Aschenbestandtheile. Die Resultate der letzteren Untersuchungen sind aber nicht verwerthbar, weil Reste der früheren eiweissreichen Mahlzeiten vorhanden waren.

Die Untersuchungen auf Stärke- und Zuckergehalt wurden durch diesen Umstand nicht gestört, weil in den früheren Mahlzeiten keine Kohlehydrate verabreicht worden waren. Die Untersuchung auf den Fasergehalt ergab nur annähernd richtige Resultate, weil sich im Magen noch einige Strohreste fanden. Nachdem diese entfernt waren, fand man im Magen noch 7^{grm} und im Dünndarm 2·35^{grm} Faser. Das Schwein hatte 9·4^{grm} aufgenommen.

An Stärke waren dem Schweine mit den 2500^{grm} Kartoffeln 477·4^{grm} einverleibt worden. Man fand nun im Magen 210·5^{grm} Stärke und 21·7^{grm} Zucker (= 19·5^{grm} Stärke), im Dünndarm 7·409^{grm} Stärke und 5·70^{grm} gelöste Stärke, aus Zucker berechnet. Die Verdauungs- und Resorptionsverhältnisse gestalten sich sonach bei diesem Schweine wie folgt:

Verzehrt wurden . . . . 477·4^{grm} Stärke
Ungelöst fanden sich im Magen u. Darm 217·9 „ „

Sonach wurden verdaut 259·9^{grm} Stärke,
d. h. 54 Procent des Aufgenommenen.

Verzehrt wurden . . . . 477·4 grm Stärke
Gelöst und ungelöst fanden sich im Magen
und Darm . . . . 243·1 „ „ und Zucker
Sonach waren resorbirt 234·3 grm Stärke,
d. h. 49 Procent des Aufgenommenen.

Von der verzehrten Fasermenge fand man ca. 7 grm im Magen und ca. 2·3 grm im Darm. Berechnet man die Faser- auf die entsprechenden Kartoffelmengen, dann scheinen im Magen 40 Procent und im Darm 93 Procent der Stärke, welche in den betreffenden Kartoffelmengen beim Genuss enthalten war, verdaut zu sein. 7 grm Faser entsprechen 431 grm und 2·3 grm dagegen 147 grm Kartoffeln.

437 grm Kartoffeln enthalten 356·6 grm Stärke,
im Magen waren zugegen 210·5 „ „
also waren verdaut 146·1 grm Stärke,
d. h. 40 Procent.

147 grm Kartoffeln entsprechen 177·5 grm Stärke,
im Darm waren zugegen 7·4 „ „
also verdaut 110·1 grm Stärke,
d. h. 93 Procent.

4. Versuch. Das Schwein erhielt drei Tage lang nur Pferdefleisch, dann 24 Stunden Wasser und am fünften Tage die Versuchsmahlzeit mit 2500 grm Kartoffeln und Wasser. $6^1/_2$ Stunden nach der Fütterung wurde das Thier geschlachtet. Der Mageninhalt betrug 975 grm, er bestand aus Kartoffeln und einem grossen Stücke Sehne, welches in der Cardiaregion lag.

Der Säuregrad betrug, auf HCl bezogen, im Cardiasack 0·085, in der Mitte 0·13, rechts 0·16 Procent; in der Cardiaregion fand man nur Milchsäure (sonach 0·21 Procent), in der Mitte und rechts Milch- und Salzsäure; der Zuckergehalt betrug links 0·8, in der Mitte 1·25, rechts 0·8 Procent, der Gehalt an löslichem Eiweiss überall 0·4 Procent. Der Dünndarminhalt wog 710 grm mit 56 grm Trockenrückstand. Man fand in demselben Kartoffelreste und etwas Stroh. Der Zuckergehalt betrug in dem Anfangstheile 3·0 Procent, in der Mitte 0·8 Procent, weiter nach hinten 0·6 Procent, am Ende 0·35 Procent; lösliches Eiweiss fand man zu 1·6 Procent. Im Coecum war viel Stärke enthalten, keine Kartoffelstücke, aber etwas Strohreste; das lössliche Eiweiss betrug 0·4 Procent; Zucker war nicht nachweisbar. Im Kolon war auch Stärke, aber noch Kartoffelschalen, also altes Futter vorhanden. Ungeschälte Kartoffeln waren sechs Tage vor dem Schlachten zuletzt gefüttert worden. Reste von ihnen waren also sechs Tage im Kolon liegen geblieben. An Stärke und Zucker fand man im

Magen, Dünn- und Blinddarm zusammen 129·4 grm. Da aber von dem Schweine vor $6^1/_2$—$7^1/_2$ Stunden 477·4 grm Stärke gefressen worden waren, so sind in dieser Zeit 73 Procent der aufgenommenen Kohlehydrate resorbirt worden.

Setzt man nun den Magen- und Dünndarminhalt in Anrechnung, was deshalb gerechtfertigt ist, weil im Magen und Dünndarm die ganze in der Mahlzeit aufgenommene Fasermenge enthalten war, dann erscheinen 77 Procent der Stärke verdaut und 75 Procent resorbirt.

Berechnet man dagegen die Verdauung im Magen und Dünndarm, jede für sich, indem man aus den vorhandenen Fasermengen auf die daselbst gebliebenen und zum Theil verdauten Kartoffelmengen schliesst, dann ergiebt sich, dass im Magen 72 und im Dünndarm 90 Procent der Stärke verdaut waren.

6·1 grm Faser im Magen entsprechen 381·3 grm trockenen Kartoffeln, diese enthalten 311·14 grm Stärke. Im Magen fand man nur 86·80 grm Stärke, also waren 224·34 grm, d. i. 72 Procent, verdaut.

3·8 grm Faser im Dünndarm entsprechen 237·5 grm Kartoffeltrockensubstanz. Diese enthalten 193·8 grm Stärke. Im Dünndarm waren nur 19·3 grm vorhanden, also sind 174·5 grm = 90 Procent verdaut.

Wenn man annimmt, dass das 24 Stunden und länger vor dem Tode genossene Fleisch verdaut und resorbirt war und das im Magen und Darm vorhandene Eiweiss auf die eingeführten Kartoffeln bezieht, dann erscheinen von dem Kartoffeleiweiss 68 Procent verdaut und 47 Procent resorbirt. Diese Zahlen erhöhen sich aber bedeutend noch dadurch, dass ein erheblicher Theil der im Magen und Darm vorgefundenen stickstoffhaltigen Bestandtheile nicht den eingeführten Kartoffeln, sondern den Magendarmsecreten u. dgl. zuzuschreiben sind.

Das Schwein hatte mit den Kartoffeln 67·3 grm Eiweiss (incl. Nuclein) aufgenommen. Man fand im Magen 13·2 grm ungelöstes und 3·4 grm gelöstes und im Darm 8·74 grm ungelöstes und 10·5 grm gelöstes Eiweiss Man kann auf Grund der Resultate unserer früheren Versuche über denjenigen Antheil des im Magen und Darm vorhandenen N, der aus dem Körper und nicht aus der Nahrung stammt, mindestens 14 grm von dem gefundenen Eiweiss als Körpereiweiss in Ansatz bringen.[1]

Schlussbemerkungen. Die vorstehenden Versuchsresultate ergeben, dass auch bei anderer als Körnerfütterung die im Magen der Schweine ab-

---

[1] *Zeitschrift für physiologische Chemie.* Bd. XI. S. 497: Ueber den Stickstoffgehalt der Verdauungssäfte bei stickstofffreier Nahrung. — *Archiv für Thierheilkunde.* Bd. XIV. S. 39: Ueber die stickstoffhaltigen Bestandtheile des Darminhaltes, welche aus dem Thierkörper, aber nicht aus den Nahrungsmitteln stammen.

laufenden Vorgänge bedeutende regionäre Verschiedenheiten erkennen lassen und dass die übliche Lehre von der durch die Magenbewegungen erfolgenden Durchmischung des Mageninhaltes eine unrichtige ist. Trotz der weichen Beschaffenheit der verabreichten Nahrung und trotz der Thatsache, dass den vier Versuchsschweinen während und nach der Mahlzeit Wasser zum beliebigen Genusse zur Verfügung stand und auch aufgenommen wurde, blieb eine deutliche Trennung der Inhaltsmassen der einzelnen Gegenden des einhöhligen Schweinemagens bestehen. Während an einer Stelle nur Milchsäure vorhanden war, fand man an einer anderen Stelle Salzsäure, während an einem Orte wenig Zucker zugegen war, enthielt der Mageninhalt an einem anderen Orte viel Zucker, während in einer Region ein Säuregrad unter 0·1 Procent herrschte, bestand in einer anderen Region ein solcher von 0·2 Procent u. s. w.

Es folgt ferner aus den vorstehend notirten Versuchsergebnissen, dass im Magen eine bedeutende Kohlehydratverdauung stattfindet, eine Thatsache, auf die wir seit Jahren hingewiesen haben und die in neuerer Zeit auch allgemeine Anerkennung findet, ohne dass Bezug auf unsere Untersuchungen genommen wird. Wenn bei Körnerfütterung das in den Nahrungsmitteln enthaltene diastatische Ferment bei der Amylolyse im Magen eine grosse Rolle spielt, so ist dies bei der Kartoffelfütterung wenig der Fall. Bei Würdigung dieser Thatsache darf aber nicht übersehen werden, dass der Speichel der Schweine, bei welchen Thieren wir die Kartoffelfütterung vornahmen, reich an diastatischem Fermente ist, so dass durch ihn bedeutende amylolytische Vorgänge eingeleitet und durchgeführt werden können. Ganz anders liegen diese Verhältnisse beim Pferde, dessen Speichel bedeutend geringere diastatische Wirkungen entfaltet. Bei diesem Thiere ist das in den Körnern enthaltene Ferment zu einer erheblichen Amylolyse im Magen nothwendig. Wie die Magenverdauung bei diesen Thieren bei Kartoffelfütterung ablaufen würde, ist uns unbekannt. Wir haben hierüber auch keine Untersuchungen angestellt, weil für die Pferde die Kartoffeln kein naturgemässes Nahrungsmittel darstellen. Die Erfahrung lehrt, dass Pferde, die eine Zeit lang nur oder wesentlich mit Kartoffeln genährt werden, Schaden an ihrer Gesundheit und ihrem Wohlbefinden leiden, während sich Schweine bei einer derartigen Ernährung wohl befinden.

Der bei der Amylolyse entstandene Zucker verfällt schon im Magen theilweise der Milchsäuregährung. Die Magenflüssigkeit enthält oft 0·5 bis 0·8 Procent Milchsäure, was in Anbetracht der leichten Resorbirbarkeit der letzteren und anderer Umstände sehr erheblich ist.

Aus den angestellten Versuchen geht auch noch hervor, dass die Kartoffeln kürzere Zeit in den einzelnen Abschnitten des Verdaungsschlauches verweilen als Körner. Schon eine Stunde nach der Mahlzeit war ein ge-

ringer Theil der Kartoffeln und eine Stunde später schon circa ein Drittel derselben in den Dünndarm übergetreten. Bei Haferfütterung begann der Uebertritt erst in der dritten Verdauungsstunde. Bei unseren neueren Versuchen konnten wir abermals constatiren, dass bei normaler Verdauung einzelne Theile der Nahrung sehr lange (5—6 Tage, bei unseren früheren Beobachtungen bis 10 Tage) im Darm bleiben. Interesse erweckt unter den Versuchsresultaten auch der Zuckergehalt des Inhaltes des Dünndarmes. In den vorderen Theilen des Dünndarmes fand man 2·5—3·6 Procent Zucker, gegen das Ileum nahm der Zuckergehalt bedeutend ab. Hier sank derselbe auf 0·5, ja 0·3 Procent. Diese Resultate bestätigen und ergänzen unsere früheren Angaben über diese Verhältnisse.[1]

Weiterhin lehren unsere Versuche, dass sechs Stunden nach einer Kartoffelmahlzeit schon circa drei Viertel der verabreichten Nährstoffe (wenigstens der Stärke) resorbirt sind, so dass eine neue Mahlzeit nachfolgen kann. Bei einer Körnermahlzeit erfolgt die Verdauung und damit auch die Resorption langsamer (s. oben), weshalb die nächste Mahlzeit erheblich später folgen kann. Wie sich die Verdauung resp. Resorption der Stärke von Stunde zu Stunde steigert, ergiebt folgende Zusammenstellung: zwei Stunden nach der Mahlzeit waren 31·2 Procent der Stärke verdaut und 20·8 Procent resorbirt, $3^1/_2$ Stunden nach der Mahlzeit war die Verdauung auf 54 und die Resorption auf 49 Procent und $6^1/_2$ Stunden nach der Mahlzeit auf 77 resp. 75 Procent gestiegen. Dabei war das im Magen Vorhandene bedeutend weniger als das im Dünndarm Vorhandene verdaut. Im Dünndarm fand man stets nur sehr geringe Mengen Stärke und Zucker im Verhältniss zu der dort vorhandenen Menge von Kartoffelfaser.

Im Uebrigen bestätigen die Ergebnisse unserer neuen Versuche im Wesentlichen die in der Einleitung dieses Artikels aufgeführten Hauptresultate unserer früheren Experimente.

---

[1] Pflüger's *Archiv*. Bd. XLI. S. 484: Der Zuckergehalt des Magen- und Darminhaltes bei Ernährung mit stärkemehlhaltigen Nahrungsmitteln.

Bemerkungen über einen Fall von Riesenwuchs.

Von

Alfred Goldscheider.

Der 19jährige H. N., Glasschleifer, aus Schreiberhau im Riesengebirge stammend, zeigt die umstehend sichtbare Missbildung der linken Hand. Der Daumen und Zeigefinger, der Daumenballen und entsprechende Theil des Handrückens sind von auffallend grossen Dimensionen; zugleich ist der Zeigefinger stark nach der ulnaren Seite hin gekrümmt, so dass er sich bei zwangloser Haltung der Hand über den dritten und vierten Finger hinüberlegt. Das Handgelenk und der Unterarm zeigt gleichfalls eine Vergrösserung seines radialen Theiles. In geringerem Maasse, jedoch noch deutlich erkennbar, ist der Oberarm an seiner Vola und die Schultergegend betheiligt.

Es handelt sich um sogenannten „Riesenwuchs". Die Anomalie wurde schon in der ersten Lebenszeit des Mannes bemerkt und ist mit dem Wachsthum des sonst wohlgebildeten Körpers fortgeschritten, ohne jemals Beschwerden zu verursachen. Der Träger derselben kann sein Gewerbe ohne Störung verrichten und gehört einem Turnvereine an.[1]

Die am Arm hervortretende Massenvermehrung besteht hauptsächlich aus Lipomen, was bei Fällen von Riesenwuchs eine gewöhnliche Erscheinung ist. Dagegen sind an der Hand auch die Knochen verdickt und

[1] Erst kürzlich erfuhr ich, dass der Mann, welcher mir dies verschwiegen hatte, bereits von Hrn. Dr. Schoetz entdeckt und in der Berliner medicinischen Gesellschaft vorgestellt war. Da die pathologische Bildung an sich mich nicht zur Veröffentlichung veranlasst, besonders in diesem Archiv, und die zu besprechenden physiologischen Fragen durch die schon geschehene Beschreibung des Falles nicht tangirt werden, so glaube ich mich, im Einverständniss mit dem genannten Hrn. Autor, nicht veranlasst, die Mittheilung zurückziehen zu sollen. Jedoch werde ich die genauere Angabe der Maasse aus diesem Grunde unterlassen.

verlängert. Die Haut an der befallenen Partie der Hand bietet ein verändertes Aussehen: die feinen Furchen, welche die Haut, besonders des Handrückens, in unzählige Felder theilen, sind dort flacher, die Felder weniger prominent, glatter und grösser als rechts. Am Daumenballen und an der Vola des Daumens und Zeigefingers erscheinen die Epidermisriffe verbreitert. Beim Befühlen erweist sich die Haut des Daumenballens und der Vola des Daumens dicker und resistenter als rechts, während sie sich an der entsprechenden Dorsalfläche der Mittelhand und derjenigen der Finger in ebenso feinen Falten erheben lässt. Durch die Weichtheile hindurch fühlt man den ersten und zweiten Metacarpalknochen verdickt und ebenso die Phalangealknochen des Daumens und Zeigefingers. Die Verdickung ist keine ganz regelmässige, vielmehr scheinen an einzelnen Gelenken, besonders denen des Zeigefingers, besondere Auftreibungen zu bestehen. Die Nägel der beiden Finger sind gleichfalls vergrössert, besitzen



geringeren Glanz als rechts und zeigen sehr ausgesprochene Längsstreifen, so dass sie sich auch etwas rauh anfühlen. Die Beweglichkeit der Gelenke ist in verschiedener Weise gestört: Im Metacarpo-Phalangeal- und Interphalangealgelenk des Daumens besteht eine bedeutende Beschränkung der Beweglichkeit; und zwar ist die Abduction in normaler Ausdehnung möglich, dagegen kann der Daumen nur bis zum Zeigefinger adducirt werden; die Flexion ist sehr beschränkt. Das Metacarpo-Phalangeal-Gelenk des Zeigefingers dagegen ist ganz frei, während das zwischen erster und zweiter Phalanx gelegene nur eine Excursion von ungefähr 20° gestattet und das letzte Interphalangealgelenk ganz steif ist. Die Beweglichkeitsstörungen resultiren offenbar von den Gestaltsveränderungen, welche auf abnorme Gelenkstellungen zurückzuführen sind. Die Endphalanx des Daumens befindet sich in Hyperextensionsstellung. Die Krümmung des Zeigefingers ist am stärksten an der Verbindung der Endphalanx mit der mittleren.

Unter den vergrösserten Theilen nimmt die Haut eine besondere Stellung ein, insofern sie ein zusammengesetztes Organ darstellt und demgemäss die Frage aufwerfen lässt, ob sie in allen ihren Theilen einfach

vergrössert ist oder ob die in ihr befindlichen Sonderorgane vermehrt sind. In dieser Beziehung bieten uns die Oberhautriffe ein Handhabe. Sie sind, wie schon erwähnt, verbreitert. Messungen einer Anzahl von Riffen beider Körperseiten ergaben die folgenden mittleren Maasse:

Mittlere Breite eines Epidermisriffes:

	mm		mm
Linker Daumenballen . .	0·6	Rechter Daumenballen .	0·4
Linker Daumen	0·6	Rechter Daumen . . .	0·4
Linker Zeigefinger . . .	0·6	Rechter Zeigefinger . .	0·4–0·3

Mittlere Breite eines Epidermisriffes mit Zwischenraum.

	mm		mm
Linker Daumenballen . .	0·8	Rechter Daumenballen .	0·6
Linker Daumen	0·8	Rechter Daumen . . .	0·5
Linker Zeigefinger . . .	0·8	Rechter Zeigefinger . .	0·5

Die auf den Riffen befindlichen Drüsenöffnungen erscheinen zum Theil deutlich vergrössert.

Dass am Handrücken die von den Furchen eingeschlossenen Felder grösser sind als rechts, wurde schon erwähnt. Die Oeffnungen der Schweissdrüsen sind vielfach als vergrössert wahrzunehmen. Ebenso sind die Mündungen der Talgdrüsen flacher und weiter als rechts, und gewähren, wie die Haare, schon für den unmittelbaren Augenschein den Eindruck, in etwas grösseren Entfernungen zu stehen. Die Zählung ergiebt auf den Quadratcentimeter linkerseits 13—14, rechterseits 19—20 Haarbälge mit Drüse.

Diese Beobachtungen sprechen um so mehr dagegen, dass eine Vermehrung der einzelnen Theilorgane der Haut stattgefunden hat, als sie im Einklang mit den Umfangsvergrösserungen stehen. Der Umfang des linken Daumens beträgt 12 cm, der des rechten 7·5 cm. Auf 1 cm Länge kommen dort 12·5, hier 20 Epidermisriffe. Das Verhältniss dieser Zahlen stimmt auffallend überein. Nicht ganz so gut stimmen die Längenverhältnisse. Der linke Daumen ist nämlich 8 cm, der rechte 6·3 cm lang; jedoch nicht, dass die Breite der Riffe zur Erklärung der Längendifferenzen nicht zureichte, vielmehr ist dieselbe verhältnissmässig etwas zu gross.

Es knüpft sich hier die Frage an, ob die Zahl der Nerven resp. Nervenendigungen vermehrt ist. Wir dürfen erwarten, dass, da der vergrösserte Daumen nicht mehr Epidermisriffe, d. h. Papillenreihen, enthält als der normale, auch die Zahl der druck- und ortempfindenden Nerven nicht vermehrt ist. Es könnte sich demnach bloss noch um die allent-

halben, auch ausserhalb der „Druckpunkte“ endigenden Gefühlsnerven handeln. Die Sensibilitätsprüfung hat festzustellen, in wie weit die Verringerung der „Nervendichtigkeit“ im Verein mit der Behinderung der Beweglichkeit auf die Sinnesthätigkeit eingewirkt hat. Ich habe das Gefühl für sehr zarte Berührungen, für Druckunterschiede, den Ortssinn und Temperatursinn in mehreren Sitzungen an verschiedenen Tagen geprüft, ohne einen constanten und merklichen Unterschied zwischen beiden Seiten zu finden. Leider ist in Folge einer früher erlittenen Verletzung der rechte Zeigefinger zum Theil hypaesthetisch, so dass in der Hauptsache zur Vergleichsprüfung nur Daumen und Mittelfinger verwendet werden konnten. Der Ortssinn wurde sowohl mittels Zirkelspitzen, wie mittels Localisiren einer Berührung, wie durch aufgesetzte kleine Hohlcylinder, welche rund resp. hohl gefühlt werden mussten, geprüft. Eine vergleichende Feststellung der Zahl der Temperatur- und Druckpunkte konnte nicht erfolgen, da die äusseren Umstände eine so subtile Untersuchung nicht gestatteten. Das Gefühl für passiv ertheilte Bewegungen in den Daumen- und in den beiden ersten Zeigefingergelenken erwies sich als nicht merklich undeutlicher als rechts. — Bei der Ortssinnprüfung erschienen zuerst die Angaben an den befallenen Partien unsicherer, jedoch verschwand der Unterschied, sobald der Zirkel mit etwas verstärktem Druck aufgesetzt wurde. Es ist möglich, dass in dem resistenteren Gewebe eine zur deutlichen Erregung hinreichende Druckwirkung auf die Nerven einen — übrigens nur um ein Geringes — höheren Druck erheischte, obwohl sich freilich bei der Prüfung mittelst sehr schwacher mechanischer Reize kein merklicher Unterschied ergeben hatte. Nur an dem convexesten Theil der radialen Fläche des Zeigefingers, der Grenze zwischen mittlerer und Endphalanx, erwies sich der Ortssinn in gewisser Weise beeinträchtigt, indem der Hohlcylinder von 5 ^{mm} Durchmesser öfter als „voll“ erklärt wurde als an der entsprechenden Stelle des Daumens und Mittelfingers beider Seiten, sowie der ulnaren Fläche des Zeigefingers, obwohl für gewöhnlich der Ortssinn dort etwas besser ausgebildet zu sein pflegt, als an den drei letztgenannten Stellen. Bei Prüfung mit Zirkelspitzen war ein merklicher Unterschied nicht zu constatiren. Eine complicirtere Anforderung, durch welche die Ergebnisse controlirt wurden, bestand darin, die Länge eines an die Haut angedrückten Stäbchens zu schätzen. Auch hierbei konnte ich beiderseits nur etwa gleiche Angaben erzielen. Wenn die örtliche Unterscheidungsfähigkeit direct der innerhalb einer Fläche vorhandenen Nervenzahl proportional wäre, so hätte sich bei einem Verhältniss der Daumenumfänge von 7·5 : 12 mit je gleicher Nervenanzahl, selbst auch in Berücksichtigung der kleinen absoluten Werthe, mit welchen wir hier zu thun haben, ein Unterschied mittelst der Zirkelprüfung herausstellen müssen. Ich muss es freilich noch dahingestellt sein lassen, ob

nicht bei ausgedehnteren Versuchsreihen nach der Methode der richtigen und falschen Fälle doch ein ungünstigeres Verhältniss für die vergrösserten Theile sich herausgestellt hätte, — was vorzunehmen aus äusseren Gründen nicht angängig gewesen ist. Immerhin bleibt es bestehen, dass die untere Grenze der in Rede stehenden Fähigkeit beiderseits dieselbe ist. Vielleicht hätte sich ein ähnliches Resultat ergeben, wie es Hartmann[1] bei seinen Versuchen über den Ortssinn einer künstlich gedehnten Stelle der Halshaut fand, dass nämlich die Empfindlichkeit wohl merklich herabgesetzt war, aber nicht annähernd im dem Grade der Dehnung — entgegen der Aufstellung Czermak's von einer Proportionalität der Ortssinn-Abstumpfung mit Dehnung. Freilich sind die Bedingungen hier und da ganz verschiedene, und es muss noch als zweifelhaft erscheinen, ob selbst die geringe Abstumpfung bei Hartmann (die Ortsempfindlichkeit der gedehnten und der normalen Stelle verhielten sich wie 100:108) die Folge des blossen Auseinanderrückens der Nervenfasern ist, da doch schliesslich diese selbst ebenfalls gedehnt oder irgendwie mechanisch mit afficirt sind. Ebenso ist es bei den Versuchen Teuffel's,[2] welcher am Unterleib Hochschwangerer eine Abnahme des Ortssinnes, besonders an den mit Striae bedeckten Partien, fand, fraglich, was hiervon etwa auf pathologische Veränderungen der Nerven selbst kommt. Man kann an die Mitwirkung des letzteren Moments um so mehr denken, als nach Leubuscher Schwangere Berührungen am Bauch zwar um so schlechter localisiren, je ausgedehnter derselbe ist, jedoch auch Wöchnerinnen noch unter der Norm localisiren.[3] In unserem Falle handelte es sich dagegen um eine reine, uncomplicirte Vergrösserung der Oberfläche bei gleicher Zahl von Nervenfasern. Es scheint daher, wenn ich von der erwähnten, dem am stärksten gekrümmten Theil entsprechenden Hautstelle absehe, welche in der That eine merkliche Minderwerthigkeit erkennen lässt, dass auch bei einer verringerten Nervendichtigkeit die Ortssinnfunction nahezu in der normalen, der betreffenden Region eigenthümlichen Schärfe bestehen bleiben kann. Hartmann entnimmt aus seiner entsprechenden Beobachtung einen Schluss zu Gunsten der von v. Vierordt auf eine ungemein grosse Zahl von Versuchen basirten glücklichen Vorstellung, dass für die Ausbildung des Tastsinnes einer Region die Rolle, welche dieselbe bei ihrer Verwendung im Dienste des Tastsinnes spielt, entscheidend ist. Ich möchte nur glauben, dass diese Beziehung die Bedeutung der anatomischen Nervendichtigkeit nicht auszuschliessen braucht, weil die anatomische Anlage eben derselben entsprechend sein wird. Dass mit der jeweiligen Ausbildung des Ortssinnes die Anzahl der Nerven topisch Hand in Hand geht, erhellt doch unzweifel-

[1] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. XI. S. 79.

[2] *Ebenda.* Bd. XVIII. S. 247.

[3] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1886. Nr. 37.

haft aus dem sehr verschiedenen Reichthum an „Druckpunkten". Der Cardinaleinwand aber gegen diesen Zusammenhang, dass nämlich der Nervenreichthum in der That nicht solchen Schwankungen unterliege, wie der Ortssinn, dürfte durch meinen Nachweis von der vielfach vorhandenen Reciprocität der Orts- und Temperaturempfindlichkeit aus dem Wege geräumt sein. Die Hartmann'sche Beobachtung nun sowohl wie die hier besprochene lassen auch eine andere Deutung zu, welche die Bedeutung der Nervendichtigkeit trotz des anscheinenden Widerspruches zu Recht bestehen lässt. Die Fähigkeit, zwei gleichzeitige Nervenerregungen gesondert aufzufassen, ist noch nicht identisch mit derjenigen, sie als räumlich distant zu empfinden. Erstere kann recht wohl von gewissen anatomischen Einrichtungen resultiren, letztere wird nicht ohne die durch den Gebrauch zu gewinnende Erfahrung, welche sich speciell auf die Controle des einen Sinnes durch den anderen und die Combination ihrer beiderseitigen Ergebnisse zu beziehen haben wird, entwickelt werden können. Die gegebene anatomische Einrichtung besteht aus dem System von Druckpunkten, den linearen Ausstrahlungen der Drucknerven entsprechend, und stellt ein Durcheinander von bevorzugten Punkten dar, welchen im Centralorgan eine irgend welche Anordnung von Elementen so correspondirt, dass die von jenen ausgelösten Erregungen in ganz besonderem Maasse auf diejenigen Bedingungen stossen, durch welche das Centralorgan befähigt ist, Erregungen gleichzeitig zu sondern. Bei der Prüfung mit dem Zirkel, welche eine gleichmässige Innervation der Haut-Sinnesfläche voraussetzt, werden günstig und ungünstig situirte Punkte und, sobald die Spitzen stumpf sind, je ein Complex von Nervenerregungen zugeführt, welche zu den günstigsten isolirten Druckpunkterregungen in einem Verhältniss stehen, welches einmal aus der relativen Menge der Druckpunkte, ferner aus den für eine möglichst punktförmige Reizung gegebenen mechanischen Bedingungen resultirt. Die Untersuchungsmethode der richtigen und falschen Fälle, welcher sich die Tübinger Forscher bedient haben, ergiebt, dass von jeder Hautregion doch auch relativ kleine Abstände, welche weit unter den von Weber angegebenen bleiben, in einer gewissen Procentzahl von Versuchen als doppelt gefühlt werden, so z. B. an der Halshaut bei Hartmann ein solcher von 4 Par. Lin. in 10·5 Procent der Fälle, während erst ein solcher von 12 Par. Lin. jedesmal wahrgenommen wird. Diese erheblichen Schwankungen dürften sich mit einer ungleichartigen Innervation der Hautfläche und den eben angeführten Momenten wohl noch am leichtesten in Einklang bringen lassen. Mit der Dehnung der Haut wird nun zwar die relative Menge der Druckpunkte geringer, die Möglichkeit der isolirten Reizung ihrer selbst oder anderer Hautpunkte aber gefördert. Die Spitze erzeugt bei ihrem Eindruck in die Haut von grösserer Spannung nicht

einen so grossen Trichter, welcher die Erregung einer ganzen Anzahl von Nervenenden zur Folge hat, sondern bewirkt eine distinctere Reizung. Dies Moment wird dem ersteren jedenfalls in einem gewissen Umfange entgegenwirken. An den Tastflächen der Finger und der Hand liegen die Druckpunkte so dicht, dass die Vergrösserung ihrer Entfernungen von einander vielleicht auch ohne Vermehrung der Hautspannung schon einer isolirteren Erregung zu gute kommt. In dem vorliegenden Falle jedoch ist die Haut in der That weit weniger verschieblich, als unter normalen Verhältnissen. Nur an der bezeichneten convexesten Stelle des Fingers scheint die Entfernung der Nervenenden von einander die ausgleichbare Grenze überschritten zu haben. — An der ihr gegenüber, an der grössten Concavität liegenden Stelle der Ulnarseite des Zeigefingers, welche für den Tastgebrauch einen todten Winkel darstellt, fand sich der Ortssinn nicht verschieden von den entsprechenden Stellen des Mittelfingers derselben und des Daumens und Mittelfingers der anderen Seite.

Bezüglich der Herkunft der Missbildung ist die Frage zu erörtern, ob Momente vorhanden sind, welche auf eine Mitwirkung sympathischer oder trophischer Nerven schliessen lassen. Die mehrfach bei analogen Fällen beobachtete Vermehrung der Schweisssecretion fehlt. Die Eigentemperatur verhält sich wie rechts, Farbenwechsel der Haut tritt nicht auf. Die Wachsthumsstörung betheiligt die verschiedensten peripherischen Nervengebiete. Sie fällt an der Hand in das Gebiet der N. medianus und radialis, am Vorderarm in das des N. cutaneus externus, am Oberarm in das des N. cutaneus internus und N. axillaris. Nirgends aber ist der ganze Bereich eines Nerven ergriffen; nur beim N. cutaneus externus könnte man dies wenigstens annähernd finden; jedoch am Unter- und Oberarm zeigt die Haut keine markanten Veränderungen, sondern nur das Fett. Freilich will das wenig sagen und es fehlt andererseits nicht ganz an Momenten, welche an eine nervöse Mitwirkung denken lassen. Es ist nämlich doch bemerkenswerth, dass der Zeigefinger nicht allseitig, sondern vorzugsweise radialwärts gewachsen ist. Die Haut an der ulnaren Fläche zeigt keine merkliche Veränderung und sogar der Nagel ist radialwärts länger (0·9 ^{cm}) als ulnarwärts (0·7 ^{cm}). Die fühlbaren Knochenverdickungen, besonders an den Gelenken, befinden sich ebenfalls nur an der radialen Seite. Es würde dieser Erscheinung nicht genügend Rechnung getragen, wenn man sich dabei beruhigen wollte, dass auch der normale Zeigefinger häufig eine mit der Concavität ulnarwärts gerichtete Krümmung besitzt. Die Foramina nutritia der Phalangealknochen sitzen an ihrer Mitte. Die Krümmung der Finger bei Riesenwuchs ist schon mehrfach beobachtet. Ganz entsprechend dem vorliegenden ist der von Wenzel Gruber[1] mitgetheilte Fall, in dem

[1] Virchow's *Archiv.* Bd. LVI. 1872.

ebenfalls Daumen und Zeigefinger betroffen war, welcher letztere ganz in derselben Weise gekrümmt war. Aehnliche Krümmungen zeigt der Carling'sche und der Ewald'sche Fall.[1]

Es kommen unter den Fällen von Riesenwuchs mit Betheiligung der Hand — und diese bilden die Mehrzahl — gewisse Typen vorzugsweise vor; nach der Häufigkeit geordnet, sind folgende Gruppirungen vergrösserter Finger beobachtet: 3; 1, 2; 2, 3; 3, 4; 4, 5; 1, 2, 3; 2, 3, 4. Stets handelt es sich um benachbarte Finger, welche häufig zugleich syndaktilitisch verwachsen sind. Bei den Zehen bestehen insofern ähnliche Verhältnisse, als gleichfalls die vierte und fünfte Zehe viel seltener als die erste bis dritte befallen ist und drei Zehen seltener als zwei oder eine vergrössert sind; mehr als drei Zehen sind ebenfalls nie betheiligt. Endlich handelt es sich auch immer um benachbarte Zehen, mit Ausnahme eines Falles, in welchem die erste und fünfte Zehe vergrössert waren, die zweite bis vierte aber ganz fehlten. Diese beobachteten Typen sprechen nun insofern nicht gerade für nervöse Einflüsse, als die in den einzelnen Fällen ergriffenen Gebiete, wenn man sie zusammenstellt, sich überall durchdringen. Ferner dürften die gleichzeitig vorkommenden Syndaktilieen und Defecte von Gliedtheilen nicht in den Wirkungskreis fallen, welchen man sich von trophischen Nerven vorzustellen hat. „Wir kennen vorläufig nur einen vollkommen erwiesenen Zustand, welcher von trophischen Nerven abhängig ist, das ist die Unterbrechung ihrer Thätigkeit und die danach eintretende Atrophie“ (Joseph). Immerhin wird es gestattet sein, auch nach einer neurotischen Hypertrophie Umschau zu halten: die Fälle von „Riesenwuchs“ jedoch scheinen keinen dankbaren Boden abzugeben.

---

[1] Vergl. die Litteratur bei Wittelshöfer, *Archiv für klin. Chirurgie.* 1879. Bd. XXIV. S. 57.

Physiologisches Practicum.

Kiel, 1. September 1888.

Dem Herausgeber des *Archives* beehre ich mich, nachfolgende Mittheilung zu unterbreiten, in der Hoffnung, dass dieselbe als „Kleingedrucktes“ hinter den Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft einen Platz finden könnte und in der Ansicht, dass die Veröffentlichung für Institutsvorstände und Assistenten Interesse haben wird.

Soweit ich unterrichtet bin, gehören kurze physiologische Curse für Studirende der jüngeren Semester in neuerer Zeit zu den Seltenheiten. Ich habe in dieser Richtung Manches versucht und glaube das Verfahren, welches ich schliesslich vorziehe, mittheilen zu dürfen, nicht etwa als ein mustergiltiges, aber doch als eine Anregung.

Der Cursus ist einmal die Woche, zweistündig; das Programm wird zwar sehr häufig verändert und in der Reihenfolge verschoben, aber es lässt sich doch aus der Aufzählung meine Art, die Zeit gehörig auszunutzen, ersehen. Die Absicht ist, nur praktisch arbeiten zu lassen, jedoch lässt sich nicht überall die Form eines demonstrativen Cursus vermeiden, auch ist derselbe nicht ausschliesslich p h y s i o l o g i s c h zu gestalten.

1. Jeder Theilnehmer decapitirt einen Frosch. Untersuchung des Herzschlages, Zählung der Schläge, Herausnahme und erneute Zählung, Schnittwirkung auf das Herz. Aufblasen der Lungen, Anatomie des Sympathicus und der Eingeweide, Praeparation des Plexus ischiadicus. Abbinden und Abschneiden der drei Stämme, Aufhängung des Rumpfes, das Becken nach oben, Beobachtung der verschiedenen Wirkungen der Reizung der einzelnen Aeste.

2. Begriff der Reflexbewegung, Kniereflex. Durchschneidung der Medulla beim Frosch dicht hinter dem Trommelfell. Je zwei Theilnehmer erhalten ein Thier. Der Frosch wird mit Hülfe eines Hakens an einer Stange frei aufgehängt. Berührung von Bauch oder Rücken giebt Bewegung

nur des berührten Theiles. Allmählich verstärkte Reizung am Fuss giebt Bewegung des Fusses, der Unterschenkel, des ganzen Schenkels, des gleichseitigen Armes, des Schenkels der anderen Seite, endlich aller Extremitäten. Der Versuch glückt schliesslich Allen.

Darauf Reizung durch Eintauchen des Fusses in 2 procentige Schwefelsäure, Abspülen und Verdünnung der Lösung mit Hülfe von Messgefässen. Auf Grund der Zählung von Metronomschlägen muss Protocoll geführt werden zur Feststellung der verschiedenen Empfindlichkeit der Extremitäten und der längsten Latenz der Reizbarkeit. Der Versuch ist dankbar.

3. Mittelohr beim Kalbskopf. Eintritt der 12 Nerven in die Dura; Geruchsschleimhaut. Eröffnung des Cavum tympani von der Bulla aus. Form und Spannung des Trommelfelles, Hammerstiel, Sehne des Tensor. Chorda, Promontorium, Plexus petrosus, dann Fenestra rotunda, Ambosschenkel, Tuba und Steigbügel; endlich Tensor tympani und Stapedius. Der Lehrer muss mit jedem Einzelnen das Praeparat durchnehmen. Meistens werden die Praeparate mitgenommen. Knochenzangen und Sägen liefert das Institut.

4. Besprechung der constanten Batterie und des Inductionsapparates, welcher von den Theilnehmern zu armiren ist. Nervus vagus am Frosch. Die Reizung des Vagus missglückt meistens, die dann noch leistungsfähigen Herzen werden durch Reizung des hinteren Sulcus an den Vorhöfen zum Stillstand gebracht. Zergliederung des Herzens unter Wasser und Darstellung der Vorkammerscheidewand, Demonstration der Ganglien in derselben.

5. Kaninchen. Iriserweiterung durch Reizung des Sympathicus am Halse. Versuch mit dem Federkymographion und Reizung des Vagus.

6. Knöchernes Labyrinth an ausgewässerten Taubenköpfen. Columella. Eventuell Demonstration einer Durchschneidung der Halbcirkelcanäle.

7. Secundäre Zuckung, secundärer Tetanus. Multiplicator, Herstellung der unpolarisirbaren Elektroden, Muskelstrom.

8. Negative Schwankung, Herzthätigkeit am Multiplicator. Nervenstrom unter Gebrauch der Wippe, eventuell aperiodische Bussole und negative Schwankung des Nervenstroms. Widerstandsmessung mit der Brücke und einem Rheostaten.

9. Pflüger'sches Zuckungsgesetz unter Projection der Bewegung durch drehbaren Spiegel und Bogenlicht. Zuckung, Tetanus und Ermüdung. Dann elektromotorische Kraft mit dem runden Compensator.

10. Häutiges Labyrinth von Rochen und Haien, herausgenommen und in Wasser entfaltet. Sehr dankbar, aber theuer. Darauf noch Elektrophysiologie, da gewöhnlich aus früheren Stunden noch etwas nachzuholen bleibt.

11. Persönliche Zeit. Demonstration der Hipp'schen Uhr. Versuch mit dem Fallapparat über die Fallzeit auf Grund meiner Tabelle.[1] Bei 0·2″ Fallzeit ist der Verlust 0·003–0·006″. Das genaue Zutreffen der Voraussage bei beliebiger Fallhöhe macht einen guten Eindruck. Darauf Messung der persönlichen Zeit auf Grund des lauten Schlusses eines Stromes durch doppelten Telegraphenschlüssel. Jeder Theilnehmer muss vier Versuche machen. Der Versuch ist dankbar, doch empfiehlt es sich nicht, Complicationen einzuführen. Die Feder kann zwei Untertöne geben, wodurch dann die Nervengeschwindigkeit die bekannte Verdoppelung erfährt. Der Versuch darf daher auch erst gemacht werden, wenn der Lehrer erklärt, dass der Ton gut sei. Meine Apparate sind allerdings mehrfach modificirt, jedoch ich glaube, dass auch der gewöhnliche Apparat genügend gut arbeitet.

12. Praeparation eines Ochsenauges. Ableitung der Grösse des Radius aus den Verhältnissen des Spiegelbildes eines Convexspiegels. Praeparation der Augenhäute; etwa ein Viertel der Theilnehmer pflegt schliesslich die Retinablase, wenn auch mit einigen Einrissen, darzustellen. Betrachtung der Spiegelbilder der Linse, Linsenstern und Linsenschichtung.

13. Untersuchung mit dem Ophthalmometer. Demonstration und Princip desselben, Noniusablesung. Messung der vorhandenen Corneen, sofortige Feststellung der gefundenen Werthe, allerdings nur aus einem Quadranten des Instruments $\left(r = \frac{2 \cdot 1250 \cdot x}{500}\right)$. Es muss dafür die Tabelle der Ophthalmometerwerthe schon berechnet vorliegen; für $n = 1 \cdot 611$ und $h = 4 \cdot 6^{\mathrm{mm}}$ kann ich eine solche anbieten, für neu zu beschaffende Instrumente würde ich Decimaltheilung des Kreises und Berechnung nach den Tafeln von Gravelius vorziehen. Trotz der Vortrefflichkeit der Messung verwirren die Studirenden leicht in den Bildern, doch kann ihnen keine bessere Uebung in feinerer Beobachtung geboten werden.

Während dieser Messungen haben die anderen Theilnehmer Kaninchen und sich unter einander zu ophthalmoskopiren. Schliesslich werden die Spiegelbilder der Linse mit Hülfe des Bogenlichtes, welches durch einen Tubus aus der Laterne seitlich auf das Auge fällt, zur Beobachtung gebracht. Die Bilder werden ohne Schwierigkeit gesehen, die Veränderungen bei der Accommodation sehen jedoch nur die besseren Beobachter.[2]

14. Beobachtung der Gesetze der Resonanz mittels verstellbarer Resonatoren und verschiedener Diaphragmen. Prüfung der Genauigkeit der Stimme mittelst galvanisch getriebener Stimmgabel.[3] Statt des Spiegels,

---

[1] *Fünfter Bericht der Commission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere.* Fallzeit für Fallräume in Millimetern.

[2] Das Phakoskop ist für noch ungeübte Studirende weniger zu empfehlen.

[3] *Dies Archiv,* 1879. S. 155.

der bald verrostet, gebrauche ich jetzt Reflexionsprismen. Meistens treffen unter den Mitgliedern des Cursus einige genügend gut. Resonanz der Mundhöhle für die verschiedenen Vocale, geprüft mit den Vocalstimmgabeln. Klangfiguren der Vocale vor gedrehtem Spiegel beobachtet. Tiefster Ton, beobachtet an der schweren Stimmgabel von König.

15. Mischung der prismatischen Farben mit dem (etwas modificirten) Apparat von Helmholtz und mit elektrischem Licht. Farbenmischung mit der drehenden Scheibe. Unterschiedsempfindlichkeit mit Hülfe des Kranzes an der Masson'schen Scheibe. Eine etwas mühsame Stunde, die wenig Anklang findet.

Reserve. Curarisirung von Fröschen, Beobachtung des Kreislaufes in der Zunge. Vergleichung der Reizbarkeit von Muskel und gesundem Nerv. Kaninchen in Fettresorption, Chylus, Zotten mit und ohne Fettresorption. Darstellung von Haeminkrystallen. Sphygmograph.

Mit einem Assistenten kann man höchstens 14 Theilnehmer zulassen. Die einleitenden Vorträge werden sehr aufmerksam gehört. Am besten sind die Abschnitte des Cursus, wo jeder Einzelne fortdauernd zu thun hat.

Hensen.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1887—88.

XVIII. Sitzung am 6. Juli 1888.[1]

1. Hr. N. Zuntz giebt als Einleitung zu der nachfolgenden Mittheilung des Hrn. Loewy eine kurze Beschreibung des von letzterem zu seinen Respirationsversuchen am Menschen benutzten Apparates. Im Princip ist derselbe identisch mit der Einrichtung, welche Vortragender im Verein mit Geppert bei Thieren, mit C. Lehmann und Berdez beim Menschen benutzt hat. Eine kurze Beschreibung findet sich in Pflüger's *Archiv* u. s. w., Bd. XLII, S. 197.

Die Athmung erfolgt bei geschlossener Nase durch ein Mundstück, welches zwischen Lippen und Zähne gebracht, hier vollkommen luftdicht schliesst. Die Leitung gabelt sich alsbald in zwei mit Ventilen versehene Wege für inspirirte und exspirirte Luft. Nur letztere wird in einer Gasuhr gemessen und ein aliquoter, eine genaue Durchschnittsprobe darstellender Theil von ihr continuirlich abgesaugt, um analysirt zu werden.

Diese Absaugung wurde früher durch Quecksilber, welches proportional den Umdrehungen der Gasuhr aus einem hohen Cylinder ausfloss, bewirkt. Die Probe wurde dann in ein Eudiometer übergefüllt, und hier nach Bunsen-Geppert analysirt.

Die neue, von Hrn. Loewy zuerst benutzte Modification der Methode macht die Anwendung von Quecksilber und den complicirten, ein wohl eingerichtetes Laboratorium voraussetzenden, gasanalytischen Apparat entbehrlich.

Die Gasprobe wird über angesäuertem Wasser in einer 100 ^{Ccm} fassenden in $^{1}/_{5}$ ^{Ccm} getheilten Hempel'schen Gasbürette aufgefangen, und zwar in der Weise, dass eine Ausflussspitze, welche durch einen langen dünnwandigen Kautschukschlauch mit der unteren Oeffnung der Bürette communicirt, sich proportional der Umdrehung der Gasuhr senkt und entsprechend Wasser aus der Bürette ausfliessen lässt. Ist letztere mit der Gasprobe gefüllt, so wird

[1] Ausgegeben am 13. Juli 1888.

die Communication mit der Exspirationsluftleituug und ebenso die mit der Ausflussspitze durch Quetschhähne geschlossen und dafür die durch ein T-Rohr vermittelte bisher abgeklemmte Verbindung der unteren Bürettenöffnung mit dem bei der Hempel'schen Gasanalyse gebräuchlichen Niveaurohr hergestellt. Indem man letzteres so hält, dass der Wasserspisgel in ihm mit dem in der Bürette in einer Horizontalen liegt, stellt man das Gas genau unter den gerade vorhandenen Atmosphaerendruck und liest dabei seinen Stand an der Theilung der Bürette ab. Um sich bei dieser Ablesung gegen die nicht unbedenklichen Parallaxenfehler zu schützen, befestigt man etwa 1 ^{cm} hinter dem unteren Theile der Bürette ihr parallel einen langen und nur etwa 1 ^{cm} breiten Glasspiegel. Bei der Ablesung müssen sich in diesem Spiegel die Bilder der zwei Flüssigkeitsmenisken und des beobachtenden Auges vollkommen decken. Der Ablesungsfehler erreicht so kaum 0·02 ^{Ccm}. Jetzt wird eine bisher durch eine Klemme verschlossene capillare Leitung, welche vom oberen Ende der Bürette zu einer mit starker Kalilauge gefüllten Hempel'schen Absorptionspipette führt, geöffnet und das Gas in letztere durch Hebung des Niveaurohres übergetrieben. Nach weniger als 1 Minute ist die CO_2 absorbirt, das Gas wird in die Bürette zurückgesaugt und auf's Neue sein Volum abgelesen. Das Fehlende ist Kohlensäure. In die eben benutzte Leitung nach der Kalipipette ist ein T-Rohr mit Klemme eingeschaltet, durch dasselbe wird jetzt die Gasprobe in eine zweite Absorptionspipette getrieben, welche mit Phosphorstangen gefüllt ist. Hier erfolgt binnen 5 bis 6 Minuten vollkommene Absorption des Sauerstoffes, dessen Menge dann durch eine letzte Ablesung in der Gasbürette ermittelt wird. Während der Zeit aber, welche das Gas in der Phosphorpipette zubringen muss, kann die Bürette bei fortdauernder Athmung des Versuchsindividuums durch bie Gasuhr mit einer neuen Probe Exspirationsluft gefüllt, diese abgelesen und in die Kalipipette übergefüllt werden. So lässt sich, mit Hülfe dieser einfachen Vorrichtung, durch längere Zeit ein fast continuirliches Bild aller wesentlichen Factoren des Respirationsprocesses gewinnen.

Unbedingt erforderlich ist Constanz der Temperatur im Untersuchungsraum während der 8 bis 10 Minuten, welche von der ersten bis zur letzten Ablesung einer Analyse verfliessen. Eine Aenderung der Temperatur um 1^0 C., die allerdings nur unter ganz abnormen Verhältnissen vorkommen dürfte, würde die Analyse um $\pm$ 0·36 Procent fälschen. Man schliesse daher längere Zeit vor dem Beginne des Versuchs alle Thüren, lasse Menschen und andere Wärme ausstrahlende Objecte ihren Ort in der Nähe des Apparates nicht wechseln u. s. w. Selbstverständlich muss man sich öfter von der Dichtigkeit der Leitungen und von dem guten Functioniren des Absorptionsmittels überzeugen; das geschieht am einfachsten durch Ausführung von Analysen der atmosphaerischen Luft.

Die beschriebene Vorrichtung ist bei recht grosser Genauigkeit einfach genug, um sich zu klinischen Studien des Respirationsprocesses zu empfehlen.

2. Hr. Dr. Loewy (a. G.) hält den angekündigten Vortrag: Ueber den Einfluss salinischer Abführmitttel auf den Gaswechsel des Menschen. Ueber die Frage, inwieweit die Arbeit des Verdauungsapparates die nach Nahrungsaufnahme eintretende Steigerung des respiratorischen Stoffwechsels bedingt, herrscht noch keine Einhelligkeit. Ich unternahm es daher, diese Frage, die durch Versuche von v. Mering und Zuntz angeregt und von ihnen im positiven Sinne entschieden wurde, einer Untersuchung am Menschen selbst

zu unterziehen. Als Apparat benutzte ich den eben von Hrn. Zuntz beschriebenen; als Versuchsmaterial zur Hervorrufung der Gaswechselsteigerung bediente ich mich des Glaubersalzes als eines die Thätigkeit des Magendarmtractus beträchtlich anregenden und dabei unverbrennlichen Stoffes; als Versuchspersonen stellten sich mir zur Verfügung ausser dem Laboratoriumsdiener eine Anzahl von Studirenden der Medicin. Die Versuche gingen in der Weise vor sich, dass bei den in vollkommenster Ruhe befindlichen Individuen der Gaswechsel zuerst bei nüchternem Magen, sodann nach Zuführung des Glaubersalzes durch eine Reihe von Analysen bestimmt wurde.

Als Resultat erhielt ich in zehn so angestellten Versuchen ohne Ausnahme nach Einführung der Salzlösung eine Steigerung des Gaswechsels, die zwischen 30 Procent und 7 Procent des ursprünglichen Werthes schwankte.

Auf die Höhe der Steigerung waren von Einfluss nicht allein die Menge des eingeführten Salzes, sondern auch einerseits eine grössere bezw. geringere Praedisposition bei den verschiedenen Versuchsindividuen, andererseits eine zeitlich verschiedene Praedisposition bei demselben Individuum.

Die Steigerung im Gaswechsel ging einher mit mehr oder minder lebhaften Darmgefühlen, die auf eine erhöhte Peristaltik zu beziehen waren, und zwar ging sie diesen im Ganzen parallel; sie schwand jedoch sofort und machte dem vor der Glaubersalzeinführung beobachteten Gaswechsel Platz, sobald durch eingetretenen Stuhl Darmruhe wieder hergestellt war.

Für die Erklärung der beobachteten Stoffwechselsteigerung kann im Wesentlichen nur die durch die Salzlösung herbeigeführte Darmthätigkeit in Betracht kommen, da diese der einzige Factor ist, der durch sie in erheblichem Maasse beeinflusst wurde. Aber die Darmthätigkeit setzt sich aus zwei Componenten zusammen: der Darmmuskel- und der Darmdrüsenthätigkeit, von denen unter den vorliegenden Verhältnissen die erstere die bedeutendere Rolle spielen dürfte.

Die vorliegende Frage hat insofern zugleich ein praktisches Interesse, als Glaubersalzwässer seit langem da verwendet wurden, wo es sich darum handelte, den Stoffwechsel anzuregen. Da aber weiter feststeht, dass die Zuführung derselben ohne Einfluss auf die Zersetzung der Albuminate ist, so kann die in meinen Versuchen constatirte Mehrzersetzung nur aus einem gesteigerten Zerfall von Körperfett herrühren.

XIX. Sitzung am 20. Juli 1888.[1]

Hr. J. F. Heymans hält den angekündigten Vortrag: Ueber die relative Giftigkeit der Oxal-, Malon-, Bernstein- und Brenzweinsäure, sowie ihrer Natriumsalze.

[1] Ausgegeben am 10. August 1888.

Die organische Chemie bietet uns die folgende Reihe von Fettsäuren dar:

Oxalsäure	Malonsäure	Bernsteinsäure	Brenzweinsäure
COOH	COOH	COOH	COOH
|	|	|	|
COOH	CH^2	$(CH^2)_2$	$(CH^2)_3$
	|	|	|
	COOH	COOH	COOH

Jede dieser Säuren besitzt zweimal die Carboxyl-Gruppe COOH. Unmittelbar mit einander verbunden in dem Molecül der Oxalsäure, scheinen die beiden Carboxyl-Gruppen gegenseitig ihre Acidität zu verstärken. Die Oxalsäure ist eine sogenannte starke Säure, und diese Acidität nimmt schrittweise durch die Einschaltung der Methylen-Gruppe, einfach in die Malonsäure, zweifach in die Bernsteinsäure, dreifach in die Brenzweinsäure, ab.

In Betreff sonstiger physikalischer und chemischer Eigenschaften, wie Schmelzpunkt, Siedepunkt, Zersetzung, Affinität u. s. w., an welche sich interessante Betrachtungen auf dem Gebiete der allgemeinen Chemie knüpfen, verweise ich im Besonderen auf die bezüglichen Arbeiten des Hrn. Henry, welche in den Bulletins der belgischen und den Comptes rendus der Pariser Academie erschienen sind.[1]

Auf Anrathen dieses meines verehrten Lehrers habe ich im vorigen Winter vergleichende Studien der physiologischen Wirkung dieser vier homologen Säuren angefangen.

Die Wirkung der Oxalsäure ist schon seit lange und oft sowohl durch Kliniker beim Menschen als auch durch Experimentatoren bei Thieren beobachtet; ich erwähne hier allein zwei der zuletzt erschienenen Arbeiten, die von Kobert und Küssner[2] und diejenige von R. Koch.[3] Man findet dort die ausführliche Litteratur über diesen Gegenstand.

Meines Wissens ist die Giftigkeit der Malonsäure sowie der Brenzweinsäure noch nicht besonders untersucht worden; diejenige der Bernsteinsäure im Gegentheil ist schon von verschiedenen Seiten studirt und beschrieben, aber für den Zweck, welchen ich verfolgte, habe ich die vorhandenen Beobachtungen nicht direct benutzen können.

Die Frage, welche ich bis jetzt zu lösen versucht habe und über die ich hier allein sprechen werde, ist die folgende: die Oxalsäure und ihr neutrales Natriumsalz sind heftige Gifte; wie verhalten sich die drei homologen Säuren und Salze? Dazu habe ich verschiedene Reihen von Versuchen bei männlichen Winterfröschen angestellt, bei welchen ich die betreffenden Lösungen in den dorsalen Hautlymphsack einspritzte: die benützten Lösungen waren 5 procentig, ausgenommen die der Bernsteinsäure und des oxalsauren Natriums, welche $2^1/_2$ Procent der Substanz enthielten.

---

[1] L. Henry, Sur la Fusibilité dans la Série oxalique. *Comptes rendus etc.*, 1885. t. C. p. 60. — Sur la Volatilité dans les Composés carbonés. *Bulletins de l'Académie des Sciences de Belgique*, 1888. t. XV, p. 117.

[2] R. Kobert und B. Küssner, Die experimentellen Wirkungen der Oxalsäure. Virchow's *Archiv* 1879. Bd. LXXVIII, S. 209–244.

[3] R. Koch, Ueber die Wirkungen der Oxalate auf den thierischen Organismus. *Archiv für experimentelle Pathologie u. Pharmakologie*, 1881. Bd. XIV, S. 153–200.

Aus den Untersuchungen von R. Koch,[1] welche ich bestätigen kann, geht hervor, dass ungefähr 1 cg Oxalsäure, COOH-COOH, für einen mittleren Frosch von circa 25 g Körpergewicht tödtlich ist. Aus einer Reihe von Vergiftungen bin ich zu dem Schluss gekommen, dass für die Malonsäure die lethale Dosis bei 2 bis 2·5 cg liegt; für die Bernsteinsäure bei 4·5 bis 5 cg; für die Brenzweinsäure bei 6 bis 6·5 cg; unterhalb dieser angegebenen Dosen schädigen die Säuren, tödten aber nicht.

Aus den molecularen Gewichten 90, 104, 118, 132 dieser vier Säuren können wir leicht berechnen, dass hundert Theile Oxalsäure, beziehlich 115·5 Theilen Malonsäure, 136 Theilen Bernsteinsäure, 147·4 Theilen Brenzweinsäure entsprechen; wenn wir diese Zahlen mit den oben angegebenen Dosen vergleichen, so können wir daraus schliessen, dass die Giftigkeit nicht proportional der Molecülenzahl und auch nicht umgekehrt proportional dem Moleculargewicht ist, sondern viel schneller abnimmt, und zwar, wie anzunehmen nahe liegt, in gewissem Verhältniss zum Absteigen der Acidität dieser homologen Säuren.

Das neutrale oxalsaure Natrium ist ebenso, wie schon bekannt,[2] sehr giftig und tödtet einen Frosch bei einer Dosis von ungefähr 1·25 bis 1·50 cg des Salzes, beziehlich ungefähr 1 cg der freien Säure; das malonsaure Natrium im Gegentheil, dessen freie Säure bei 2 cg anfängt, lethal zu wirken, tödtet noch nicht bei einer Dosis von 21 cg des Salzes, beziehlich 15 cg der freien Säure. Das Experiment kann auf folgende Weise frappant gemacht werden: nimmt man zwei möglichst gleiche Frösche und spritzt einem derselben 0·5 ccm einer fünfprocentigen Malonsäure ein, dem anderen 1 oder 2 bis 3 ccm derselben Lösung, nachdem diese vorher durch Na^2CO^3 neutralisirt worden ist, so sieht man den ersten Frosch zu Grunde gehen, den zweiten überleben.

Ein gleiches Abnehmen bemerkt man beim bernsteinsauren und brenzweinsauren Natrium: 3 ccm einer fünfprocentigen freien Säure durch Natriumcarbonat neutralisirt, lassen das Thier weiter leben, obwohl so in den Organismus mehr Molecüle dieser Salze eingeführt worden sind, als sich in normalen Verhältnissen in dem Organismus Chlornatriummolecüle befinden.

Aus diesen Experimenten folgt, dass im Gegensatz zur Wirkung des oxalsauren Natriums, die der drei homologen Salze sehr stark abnimmt, so dass diesen Substanzen kaum der Name von Giften zukommt.

Die Säurelösungen haben eine locale ätzende Wirkung, aber die Frage, wie sie, in den Organismus eingedrungen, die wesentlichen Lebensfunctionen stören, sowie die Frage, warum die Oxalsäure mit Natrium verbunden ihre Giftigkeit behält, während die drei anderen homologen Säuren die ihrige verlieren, das sind verwickelte Probleme, deren definitive Lösung nicht ganz nahe liegt und auf welche ich hier nicht näher eingehen will.[3]

[1] Koch, a. a. O. S. 157.

[2] Derselbe, a. a. O. S. 154.

[3] Vgl. Untersuchungen über die toxische Wirkung der niedrigen Fettsäuren von H. Mayer. *Archiv für experimentelle Pathologie u. Pharmakologie*, 1886. Bd. XXI. S. 119.

XX. Sitzung am 3. August 1888.[1]

Hr. W. Uhthoff hält den angekündigten Vortrag: Ueber die zur Erzeugung eben merklicher Farbendifferenzen erforderlichen Aenderungen der Wellenlänge spectralen Lichtes.

Der Vortragende berichtete über Versuchsreihen, die er über die Empfindlichkeit seines Auges gegen Wellenlängen-Unterschiede in den verschiedenen Theilen des Spectrums angestellt hat. Er geht zunächst auf die früheren Arbeiten über diesen Gegenstand ein (Mandelstamm, Dobrowolsky, Peirce, Koenig und Dieterici, Broduhn). Nach Vorschlag von Dr. Koenig stellte er seine Versuche ebenfalls mit dem von diesem benutzten Farbenmischapparat für spectrales Licht an, und zwar in der Weise, dass er nicht, wie Dr. Koenig und Dieterici, sowie Broduhn, die Methode des mittleren Fehlers, sondern die des eben merklichen Unterschiedes benutzte, indem das zweite farbige Feld im Beobachtungsfernrohr des Farbenmischapparates nach den beiden entgegengesetzten Enden des Spectrums hin so lange geändert wurde, bis ein deutlicher Unterschied dem ersten Felde gegenüber sichtbar wurde. So fand er, indem er schliesslich an der Hand der vorher aufgestellten Tabelle den gefundenen Werth in Milliontel-Millimetern (Wellenlänge) durch 2 dividirte, wie viel die einfache Wellenlängenänderung (in $\mu\mu$ ausgedrückt) an den verschiedenen Stellen des Spectrums betragen musste, damit sein Auge einen eben merklichen Unterschied von dem ersten Felde wahrnahm. Die Resultate dieser Versuchsreihen zeichnete er sodann in Curvenform auf, indem er auf die Abscissenaxe die Wellenlängen und auf die Ordinaten die erforderlichen Wellenlängenänderungen in Milliontel-Millimetern eintrug. Er fand:

Bei	650	$\mu\mu$	=	4·70	$\mu\mu$	(d. h. um 4·70 $\mu\mu$ muss die Wellenlänge sich ändern, wenn das Auge einen Farben-Unterschied erkennen soll.)
„	640	„	=	2·97	„	
„	630	„	=	1·68	„	
„	620	„	=	1·24	„	
„	610	„	=	1·08	„	
„	600	„	=	1·02	„	
„	590	„	=	0·91	„	
„	580	„	=	0·88	„	
„	570	„	=	1·10	„	
„	550	„	=	1·66	„	
„	530	„	=	1·88	„	
„	510	„	=	1·29	„	
„	490	„	=	0·72	„	
„	480	„	=	0·95	„	
„	470	„	=	1·57	„	
„	460	„	=	1·95	„	
„	450	„	=	2·16	„	

Bei diesen Einstellnngen wurden stets vorher den beiden Farbenfeldern die gleiche Licht-Intensität gegeben, ehe die eigentliche Vergleichung der Farbe

[1] Ausgegeben am 10 August 1888.

vorgenommen wurde. Die gefundenen Resultate decken sich mit denen der früheren Autoren und namentlich sind sie den von Dr. Koenig und Dieterici gefundenen Curven, die den mitteren Fehler feststellten, fast völlig analog. Die Koenig'schen Zahlen z. B. durch die Uhthoff'schen dividirt, ergeben fast überall den gleichen Quotienten, nur an beiden Enden des Spectrums differiren dieselben etwas von den übrigen. Auch Uhthoff fand die Maxima der Empfindlichkeit im Gelben in der Gegend der Linie D und im Blauen in der Gegend der Linie F. Am rothen und blauen Ende des Spectrums zeigte sich sehr ausgesprochen, wie nothwendig vor der Vergleichung die genaue Regulirung der Lichtintensität der beiden farbigen Felder war; ja ganz am rothen Ende des Spectrums waren Einstellungen mit Farbengleichheit überhaupt nicht mehr möglich, da dieselbe lediglich durch Intensitätsänderungen der beiden Felder hervorgebracht werden konnte.

Zur Lehre von der Willensthätigkeit.

Ueber willkürliche Impulse und Hemmungen.

Von

Dr. J. Orschansky,
Docent in Charkow.

(Aus der speciell-physiologischen Abtheilung des physiologischen Instituts zu Berlin.)

Der im Centralnervensystem, d. h. in der grauen Substanz, sich abspielende Nervenprocess steht bekanntlich in zweifacher Beziehung zur Muskelthätigkeit. Entweder ruft dieser Process auf motorischen Nervenbahnen eine Erregung in den Muskeln hervor und veranlasst die in erschlafftem Zustande befindlichen Muskeln, sich zu contrahiren, oder verstärkt den bereits vorhandenen Zustand der Verkürzung — in diesem Falle haben wir einen impulsiven, positiven Nervenprocess; oder es wird im Gegentheil durch den Nervenprocess das Schwinden der früher hervorgerufenen Muskelerregung und -Verkürzung bedingt oder das Auftreten einer solchen Verkürzung verhindert — in diesen Fällen haben wir einen negativen, einen Hemmungsnervenprocess vor uns.

In welchem Verhältnisse stehen nun diese beiden Arten von Nervenprocessen zu einander? Sind sie ihrem Wesen nach verschieden, wie Wundt behauptet, welcher annimmt, dass mit den impulsiven Processen ein Freiwerden von lebendiger Kraft verbunden ist, bei den Hemmungsprocessen hingegen lebendige Kraft gebunden wird? Entwickeln sich diese beiden Processe in verschiedenen Theilen des Nervensystems? (Sietschenow).

---

[1] Für die bei Ausführung dieser Arbeit angewandte Versuchstechnik bin ich in der Lage, mit einzutreten. Was ich selbst mir bei den Experimenten gedacht habe und zu welchen Schlüssen ich mich auf Grund ihrer Ergebnisse für berechtigt halte, habe ich in *diesem Archiv*, 1887, S. 363, ausgesprochen. J. Gad.

Ist ihre gegenseitige Beziehung nur eine einfache Interferenz? (Cyon). Hängt die Verschiedenheit dieser beiden Arten von Nerventhätigkeit von den verschiedenen Richtungen ab, in welchen sich die Wellen bewegen? (Goltz). Alle diese Fragen stehen bis jetzt noch offen.

In den Nervenprocessen werden im Allgemeinen sowohl in dem impulsiven, als in dem Hemmungsprocess empirisch zweierlei Fälle unterschieden: wird ein Impuls oder eine Hemmung durch irgend eine physiologische Erscheinung in den Centren selbst hervorgerufen, so spricht man von einer automatischen Erregung oder Hemmung; oder die Veranlassung zu einer Erregung resp. Hemmung wird durch Reizung irgend eines peripherischen Organs gegeben — dann haben wir eine reflectorische Erregung oder Hemmung. Wird aber ein Nervenprocess durch das Bewusstsein complicirt, so sprechen wir von willkürlicher Erregung oder Hemmung.

Ob alle diese Arten von Hemmung mit einander identisch sind, wissen wir ebenfalls nicht.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Localitätsfrage, d. h. die Frage, in welchem Organ die gegenseitige Einwirkung beider Processe, des impulsiven und des Hemmungsprocesses in denjenigen Fällen, in welchen eine Hemmung überhaupt zu Stande kommt, vor sich gehe.

Tritt eine Hemmung im Centrum, oder in den Nervenbahnen, oder endlich in den Muskeln auf? Je nach dem Organ, in welchem die Hemmung entsteht, muss selbstverständlich oder wenigstens kann der Mechanismus der Hemmung ein verschiedener sein. Angenommen, dass die Impulse unmittelbar im Centrum *in statu nascendi* gehemmt werden, so hätten wir eine sozusagen unmittelbare Unterdrückung des impulsiven Processes (genuine Hemmung Munk's).

Es ist jedoch möglich, dass beide Nervenprocesse, der impulsive und der Hemmungsprocess, unabhängig von einander zu den Muskeln gelangen und hier ihre gegenseitige Wirkung entfalten. Die Annahme, dass der Hemmungsprocess bereits in den Muskeln vor sich gehe, veranlasste Munk, die Frage aufzustellen: ob wir nicht in manchen Fällen nur scheinbare Hemmungen vor uns hätten und ob die Unterdrückung der Thätigkeit einer Gruppe von Muskeln nicht etwa durch die Erregung einer anderen Gruppe, der Antagonisten, zu Stande käme (Munk's antagonistische Theorie der Hemmung).

Es liegen jedoch für die reflectorische Hemmung des automatischen Respirationsactes directe exprimentelle Beweise[1] vor, dass hier die Hemmung

---

[1] C. Wegele, Ueber die centrale Natur reflectorischer Athmungshemmung. *Verhandl. der physikal.-medic. Gesellsch. zu Würzburg.* N. F. XVII. — J. Gad, Ueber die genuine Natur reflectorischer Athemhemmung. *Dies Archiv,* 1881, S. 566.

unmittelbar im Centrum stattfindet, wo die zu den Respirationsmuskeln verlaufenden Impulse *in statu nascendi* unterdrückt werden.

Betreffs der Erscheinungen der willkürlichen Hemmung muss bemerkt werden, dass dieselben trotz ihrer grössten inneren Complicirtheit wegen ihrer leichteren Zugänglichkeit relativ besser bekannt und bis zu einem gewissen Grade zu Experimenten geeigneter sind.

Die tägliche Beobachtung lehrt uns, dass wir im Stande sind, unsere willkürlichen Bewegungen bedeutend zu modificiren: wir vermögen nach Belieben die Geschwindigkeit, den Rhythmus unseres Ganges, die Kraft, die Grösse der Muskelspannung, die Complicirtheit und folglich auch die Form unserer Bewegungen zu ändern, ja wir sind im Stande, unsere will, kürlich, und bis zu einem gewissen Grade selbst die nicht willkürlich, sondern durch Affecte hervorgerufenen Bewegungen gänzlich zu unterdrücken, zu hemmen. Hiervon überzeugen uns die über die mimischen Bewegungen angestellten Beobachtungen. Brücke hat nachgewiesen, dass wir den Effect der unmittelbaren elektrischen Muskelreizung abzuschwächen (zu hemmen) vermögen. Aus der Pathologie (Eichhorst) wissen wir, dass das Zittern in manchen Fällen durch den Einfluss des Willens gehemmt werden kann (Paralysis agitans). Auch können wir bekanntlich selbst reflectorische Bewegungen, wie Husten, Niesen u. s. w., bis zu einem gewissen Grade hemmen. Gad hat gezeigt, dass der durch Reizung mit Ammoniakdämpfen hervorgerufene reflectorische Lidschluss gehemmt werden kann.[1] Die Thatsache der willkürlichen Hemmung unterliegt mit einem Worte keinem Zweifel.

Der Mechanismus dieser Hemmung ist jedoch noch wenig bekannt. Die oberflächlichste Beobachtung belehrt uns, dass der Bewegungsact bei willkürlichen Bewegungen fast immer nicht durch einen einzelnen, sondern durch eine Gruppe von Muskeln bestimmt wird, in welcher gewöhnlich in einer Richtung wirkende Muskeln (z. B. mehrere Beuger), in verschiedenen Richtungen wirkende Muskeln (z. B. Beuger und Supinatoren), und endlich in entgegengesetzten Richtungen wirkende Muskeln (Beuge- und Streckmuskeln) vorhanden sind. Je nach dem Intensitätsgrade der Spannung und der Betheiligung der Antagonisten an einem bestimmten Bewegungsact sind auch die Resultate verschieden. Ueberwiegt eine bestimmte Gruppe von Antagonisten, so kann die Bewegung diese oder jene Richtung annehmen, heben sich hingegen die Wirkungen der Antagonisten gegenseitig auf, so kann die Bewegung — wenigstens nach aussen hin — gänzlich aufgehoben, auf Null reducirt werden. In diesem Falle haben wir eine

---

[1] J. Gad, Eine Revision der Lehre von der Thränenableitung und den Lidbewegungen. *Dies Archiv*, 1883. Suppl.-Festgabe S. 86.

gegenseitige Hemmung einer Art von Bewegung durch eine andere, entgegengesetzte — durch eine antagonistische — Bewegung.

Die einfachste und dem Anscheine nach wahrscheinlichste Erklärung der Erscheinungen der willkürlichen Hemmung wäre durch die Annahme geliefert, dass in allen Fällen von willkürlicher Hemmung die Antagonisten betheiligt sind, wobei die Hemmung nur als ein specieller Fall des gegenseitigen Kampfes der dabei betheiligten Antagonisten angesehen werden müsste. Flectiren wir einen Finger, so überwiegen im gegebenen Moment die Beuger über die Strecker; lassen wir aber unsere Finger willkürlich ruhen, d. h. heben wir willkürlich die Wirkung der Beuger auf, so stellen wir damit das Gleichgewicht zwischen der Erregung der Beuger und Strecker wieder her; strecken wir endlich den Finger, so lassen wir dadurch die Erregung der Streckmuskeln willkürlich überwiegen.

Eine derartige Anschauung der willkürlichen Hemmung als antagonistische Erscheinung existirt in der Wissenschaft und ist von H. Munk entwickelt worden. Es wurde jedoch schon von verschiedenen Seiten (Fick, Brücke, Heidenhain, Gad u. A.) darauf hingewiesen, dass die antagonistische Hemmung, wenn sie auch wirklich existirt, so doch bei weitem nicht das ganze Gebiet der willkürlichen Hemmungserscheinungen erschöpfen kann und die Möglichkeit der Existenz einer anderen Form von Hemmung, nämlich der unmittelbaren, directen Einwirkung des Willens auf den durch Willenseinfluss verkürzten Muskel, im Sinne einer Aufhebung dieser Verkürzung, nicht ausschliesst. Die Existenz einer solchen directen, durch den Willen hervorgerufenen Hemmung wurde noch wahrscheinlicher, nachdem es erwiesen worden ist, dass auch beim reflectorischen Act — der Athmung — eine solche unmittelbare Hemmung der Inspirationsmuskeln unter vollständigem Ausschluss der Exspirationsmuskeln stattfindet (Fick, Gad, Wegele). Auch weisen gewisse Thatsachen darauf hin, dass in manchen Fällen eine directe Hemmung bei der willkürlichen Innervation unbedingt angenommen werden muss. Es giebt Muskeln — im Gebiete des Kopfes und des Gesichts —, deren Wirkungen keine Antagonisten entgegenstehen. Zu diesen gehören die Mm. occipitalis, frontalis, attrahens auriculae, masseter, wenn derselbe bei geschlossenen Zahnreihen seine Excursionen ausführt, Platysma myoides u. s. w. Als typisches Beispiel eines dem Willen unterworfenen und ohne Antagonisten arbeitenden Muskels kann der Accomodationsmuskel angesehen werden, dessen willkürliche Erschlaffung unmittelbar und ohne Mitwirkung von Antagonisten erfolgt. Der Umstand allein, dass diese autonomen Muskeln (d. h. ohne Antagonisten) im Gebiete des N. facialis vertheilt sind, ist an und für sich schon höchst charakteristisch. Ich erinnere nur an die Rolle, welche die vom N. facialis innervirten Gesichtsmuskeln beim Ausdruck der

höchsten seelischen und affectiven Thätigkeit spielen. Andererseits aber hat von allen motorischen Nerven der N. facialis auch anatomisch die kürzeste und directeste Verbindung mit den höheren anatomischen Centren der psycho-motorischen Innervation. Meynert nahm bekanntlich sogar an, dass ein Theil der Facialisfasern, ohne die Zellen der grauen Substanz zu passiren, direct vom Hirn zu den Muskeln verläuft — was sich übrigens nicht ganz bestätigt hat.

Die Thatsache der directen, durch den Willen hervorgerufenen Hemmung unterliegt somit keinem Zweifel. Es ist dabei möglich, dass die antagonistische Hemmung nur den antagonistisch arbeitenden Muskeln, die directe Hemmung aber nur den autonomen Muskeln eigen ist. Es ist auch möglich, dass bei der Innervation der Muskeln mit Antagonisten sowohl directe, als auch antagonistische Hemmung gleichzeitig stattfinden kann. Auch ist es nicht unwahrscheinlich, dass wir uns selbst in den Muskeln mit Antagonisten, je nach verschiedenen, einstweilen noch unbekannten physiologischen Bedingungen der ausgeführten Bewegung abwechselnd beider Formen der Hemmung bedienen. Es sind dies Fragen, welche nicht nur von der Physiologie noch nicht beantwortet, sondern überhaupt noch nicht aufgeworfen worden sind.

Nach Obigem ist es klar, dass wir bei der sogenannten antagonistischen Hemmung nicht berechtigt sind, von einer Hemmung im Sinne eines der Erregung direct entgegengesetzten Processes zu sprechen, da man hierbei immer annehmen kann, dass die äussere, sichtbare Hemmung einer Bewegung das Resultat des Ausgleiches zwischen entgegengesetzten Erregungen der antagonistischen Muskeln ist.

Von einer Hemmung im Sinne eines seinem Wesen nach der Erregung eines Muskels entgegengesetzten Processes können wir nur dann sprechen, wenn wir einen bestimmten autonomen Muskel willkürlich zur Thätigkeit anregen und dann erschlaffen lassen.

Die durch den Willen bewirkte Muskelhemmung muss folglich an autonomen Muskeln studirt werden.

Von einer ganzen Reihe von Fragen, welche bei diesem Studium entstehen, wirft sich dem Beobachter zuerst die Erforschung der inneren, gegenseitigen Beziehungen zwischen den beiden Formen der Willensthätigkeit: des impulsiven und des Hemmungsprocesses auf.

Von solchen autonomen Muskeln habe ich bei meinen Experimenten als Versuchsobject, auf Anrathen des Hrn. Prof. Gad, den M. masseter gewählt, und zwar wegen seiner relativ grossen dynamometrischen Kraft, wegen der Constanz seiner Ursprungs- und Insertionspuncte und haupt-

sächlich wegen der Zugänglichkeit der graphischen Registrirung seiner Verkürzungs- und Contractionscurven. Ich habe mich bei diesen Versuchen nicht der Marey'schen Kapsel, sondern eines speciell zu diesem Zwecke construirten Apparates in Form einer Doppelzange bedient.

Führt man bei geschlossenen Kiefern einen Finger in den Mund zwischen Backenzähne und Wange ein, so kann man den Masseter in seinem ganzen Verlauf vom Os zygomaticum bis zu seiner Insertion am Unterkiefer abtasten. Nach aussen und hinten von ihm fühlt man den vorderen Rand des aufsteigenden Astes des Unterkiefers. Man kann mit dem Finger leicht in den Raum eindringen, welcher aussen von dem M. masseter, innen von den geschlossenen letzten Zähnen beider Kiefer begrenzt wird — wenn der Masseter nicht contrahirt ist. In diesem Zustande ist er mechanisch leicht dehnbar, er giebt dem Drucke des Fingers nach, kann passiv nach aussen gebogen und durch die Wange von aussen betastet werden. Wird der Masseter aber willkürlich gespannt, d. h. verkürzt, so drückt er den Finger fest an die Zähne an, und bei willkürlicher Erschlaffung entfernt er sich wieder von den Zähnen.

Während der Contraction und der Ruhe des Masseters unterscheidet der Finger deutlich die verschiedenen Spannungszustände desselben.

Dieser zwischen dem Masseter und den Kiefern befindliche Raum wurde benutzt, um die erwähnte Zange behufs graphischer Darstellung der Verkürzung und Erschlaffung des Masseters im Zustande willkürlicher Erschlaffung und Hemmung desselben in den Mund einzuführen. Die Zange (Fig. 1 *A*) wird horizontal und in der Richtung ihrer Längsaxe in den Mund eingeführt, und zwar so, dass die in der Zeichnung rechts gelegenen Aeste der Zange, die Zangengriffe, in dem erwähnten Raume zwischen dem Masseter und den Zähnen, oder in dem „Masseterbogen", wie ich diesen Raum von jetzt an nennen werde, zu liegen kommen. Es musste für die Fixirung der Zange in dieser Lage Sorge getragen werden. Um sie in senkrechter Richtung zu befestigen, genügt es, den Kopf während der Dauer der Versuche auf einem Stativ ruhen zu lassen, auf welches das Kinn gestützt wird. In der Richtung von vorn nach hinten oder in horizontaler Richtung wird die Zange durch Anstemmen an den Unterkieferast fixirt. Um seitliche Verschiebungen der Zange selber bei nicht maximaler Contraction des Masseters zu vermeiden, mussten an den freien Enden der Zangengriffe senkrecht gestellte Oliven aus Hartgummi angebracht werden, welche den Masseterbogen ausfüllen.

An den bei eingeführter Zange vor dem Charnier befindlichen Aesten der Zange befindet sich eine Feder, welche die vorderen Aeste umfasst und folglich die hinteren, im Munde befindlichen Aeste auseinander drängt. Es werden daher jedes Mal, wenn die Spannung des Masseters etwas nach-

lässt, die hinteren Aeste in Folge der Spannung der vorne befindlichen Feder sofort auseinander gedrängt. Die hinteren oder inneren Aeste der Zange folgen somit allen Spannungsschwankungen des Masseters, indem sie sich bei dessen Contractionen einander nähern und bei Erschlaffung des Muskels von einander entfernen. Diesen Excursionen der hinteren folgen in entgegengesetzter Richtung die vorderen Aeste; sie entfernen sich von einander bei Contractionen und nähern sich einander bei Erschlaffung des Masseters. Da hierbei die Befestigungspunkte des Masseters fixirt bleiben, so sind alle Bewegungen der inneren und äusseren Aeste der Zange nur durch zwei Kräfte, nämlich durch die Contraction des Masseters und durch die Spannung der Feder bedingt. Es muss daher bei den Versuchen darauf geachtet werden, dass die Spannung der Feder constant bleibe.

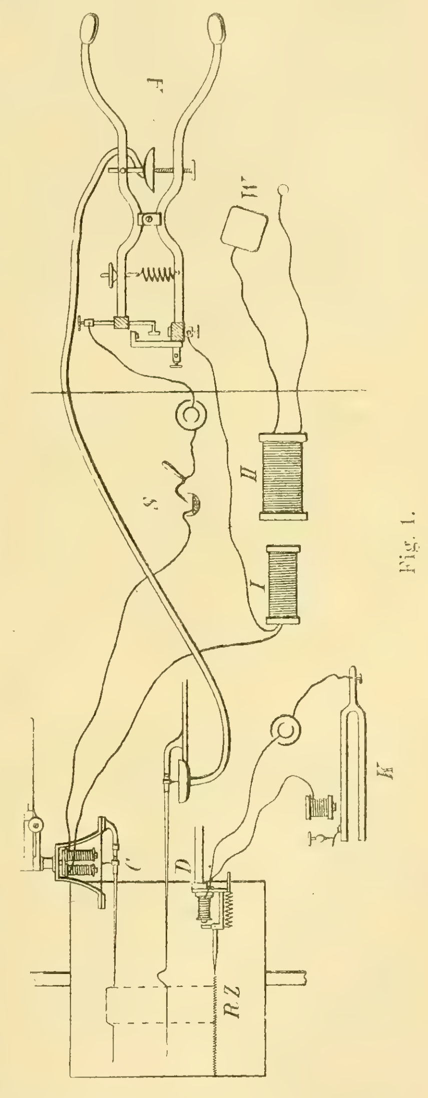


Fig. 1.

Da ich mir die Aufgabe gestellt hatte, bei meinen Versuchen sowohl die Contraction als die Erschlaffung des Masseters zeitlich zu verfolgen, so musste in die Zange eine Vorrichtung eingeschaltet werden, durch welche zu jeder Zeit willkürlich, je nach Bedarf Oeffnung des Stromes entweder bei der Contraction oder bei der Erschlaffung des Masseters bewirkt werden könnte.

Zu diesem Ende habe ich eine besondere Contactvorrichtung entworfen, welche von dem Mechaniker des physiologischen Institutes in folgender Weise construirt worden ist. Diese Contactvorrichtung ist in Fig. 1, welche die Masseterzange in verkleinertem Maassstabe enthält, nur schematisch angedeutet. Ihre genauere Construction soll an der Hand von Fig. 2 beschrieben werden, welche die Contactvorrichtung in natürlicher Grösse bei

einem Blick von vorn auf die Masseterzange darstellt. In Fig. 2 stellen *a* und *b* zwei Hartgummiklötzchen dar, auf welche in ihrer Mitte, senkrecht zur Zeichenfläche und auf der vom Beschauer abgewandten Seite die Enden der vorderen Zangenäste fest aufgesetzt sind.

Das Gummiklötzchen *a* wird von einem Stempel *c* durchbohrt, welches in dem Klötzchen verschiebbar ist. Der Stempel besteht aus zwei durch eine Hartgummischicht isolirten Kupferblättern. Die Kupferblätter des Stempels tragen einerseits die Schraubenklemmen *d*, *d'*, andererseits sind sie rechtwinklig abgeknickt und mit je einem, die ganze Dicke des betreffenden Kupferarmes durchsetzenden Platinstift armirt. Der eine Kupferarm ist dünn und federnd, der andere dick und fest. Das Kupferblatt mit dem federnden Arm war zum Zwecke von Versuchen in die Construction aufgenommen worden, welche noch nicht zur Ausführung gelangt sind,

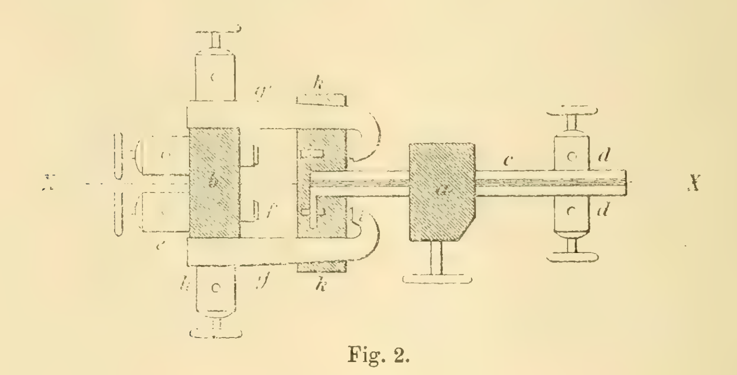


Fig. 2.

kann also mitsammt seinem Platinstift und den entsprechenden Platin-Contactplatten vorläufig ausser Betracht bleiben. Bei den nachstehend beschriebenen Versuchen wurde nur der unterhalb der Linie *X*---*X* dargestellte Theil der Contactvorrichtung benutzt. Zur Vervollständigung der Beschreibung dieses Theiles muss nur noch auf den das Hartgummiklötzchen *b* durchsetzenden Messingstift mit Klemmschraube *e* und Platinplatte *f*, sowie auf den seitlich an dasselbe Klötzchen angeschraubten Kupferbügel *g* mit Klemmschraube *h* und Platinplatte *i* hingewiesen werden. *k k* ist eine die beiden Kupferbügel *g* und *g'* verbindende Hartgummiplatte, welche nur den Zweck hat, diesen Bügeln den erforderlichen mechanischen Halt zu geben.

Bei gegenseitiger Annäherung oder Entfernung der Zangengriffe kann man Oeffnung eines Contacts erhalten, je nach der Lage, in welcher sich der Stempel *c* innerhalb des Gummistückchens *a* befindet, d. h. ob er weit herausgezogen oder, im Gegentheil, hineingeschoben ist. Ist *c* nach aussen

herausgezogen, so kann der Contact *i* durch Druck der contrahirten Masseterbäuche auf die Zangengriffe geschlossen gehalten werden. Die Stromöffnung geschieht dann bei Annäherung der vorderen Aeste der Zange durch Federzug bei Erschlaffung des Masseters. Es wird folglich die soeben beschriebene Stellung des Apparates geeignet sein, den Moment der beginnenden Hemmungswirkung zu signalisiren. Dagegen muss zur Signalisirung des Anfangsmomentes der Verkürzung des Masseters der Strom an der Contactstelle *f* geöffnet werden, zu welchem Zweck der Stempel *c* tief hineingeschoben und in solcher Lage fixirt werden muss, dass der Contact bei erschlafftem Masseter durch Federzug eben geschlossen gehalten wird.

Zwischen den hinteren Aesten der Zange befindet sich ausserhalb der Mundhöhle eine Luftkapsel mit elastischer Membran einerseits und ein Druckstift andererseits. Der Luftgehalt der Kapsel ändert sich mit den Bewegungen der Zangengriffe bei Spannung oder Erschlaffung des Masseters Die Schwankungen des Kapselinhaltes wurden mittelst eines gewöhnlichen Tambour enrégistreur auf ein Kymographion übertragen.

Ein unter dem Namen „Deprez'sches Signal" bekannter Apparat von Verdin in Verbindung mit einer König'schen Stimmgabel diente zur Zeitbestimmung am Kymographion. Ein Kronecker-Pfeil'scher Chronograph diente zur Markirung, er registrirte die Momente der Reizung der Versuchsperson durch elektrische Schläge bei Schliessung des Stromes der primären Rolle. Derselbe Chronograph verzeichnete auch den zweiten Moment, wenn die Versuchsperson in einer Reihe von Versuchen mit einer willkürlichen Contraction, in anderen Versuchen mit Erschlaffung des Masseters auf den Reiz reagirte.

Der Apparat (die Zange) ist derart construirt, dass ein durch den Chronographen geleiteter Strom je nach Bedarf sowohl durch den Beginn der Verkürzung, als auch durch den Anfang der Erschlaffung des Masseters unterbrochen werden konnte. Es wurden somit durch die Bewegungen der Zeichenfeder des Chronographen beide Momente: der des empfangenen Reizes und der Anfang der Willensreaction, sowohl in der Gestalt eines Impulses, als in der von Hemmung verzeichnet. Die Zeit zwischen dem Moment der Reizung und dem der Reaction nennt man Reactionszeit (RZ). Wir waren folglich durch unsere Methode im Stande, vergleichende Studien über beide Formen, über die impulsive und über die Hemmungsreaction in der Zeit, unter verschiedenen Bedingungen anzustellen.

Zu unseren Versuchen mit rhythmischen, alternirenden Kieferbewegungen, mit periodischem Oeffnen und Schliessen des Kiefers bedienten wir uns eines gewöhnlichen Beisscontactes, welcher jedoch mit einer Luftkapsel und mit Druckstift armirt war, so dass ausser der genauen Bestimmung

des Anfangs- oder Endmomentes einer Bewegung auch die graphische Darstellung des ganzen Verlaufes desselben möglich war.

Bei allen psycho-physischen Untersuchungen ist bekanntlich der Zustand der Aufmerksamkeit des Versuchssubjectes von sehr grossem Einfluss auf den ganzen Verlauf des Versuches, und durch die Schwankungen der Aufmerksamkeit werden ganz bedeutende Schwankungen der in Zahlen ausgedrückten Resultate bedingt.

Das Einfachste wäre dem Anscheine nach, das Element der Aufmerksamkeit gänzlich auszuschliessen, d. h. den Versuch so anzuordnen, dass die Versuchsperson nicht wissen soll, in welchem Moment sie das Signal bekommen und folglich reagiren wird. Es wird dann die Aufmerksamkeit der Versuchsperson auf das erwartete Experiment nicht gerichtet und in allen Versuchen nach Möglichkeit ausgeschlossen oder auf ein Minimum reducirt sein. Es ist dies jedoch physisch unmöglich. Die Anordnung des Versuches und die Vorbereitungen zu demselben genügen schon, um die Aufmerksamkeit der betreffenden Person auf das erwartete Experiment und auf das Signal zu lenken. Ausserdem sind in Folge der Einwirkung äusserer Eindrücke und der inneren geistigen Arbeit Schwankungen unvermeidlich. Man hat ermittelt, dass die geringste Schwankung der Aufmerksamkeit und folglich die grösste Constanz und Regelmässigkeit bei den Versuchen erreicht wird, indem man das Versuchssubject durch irgend ein Signal über den baldigen Beginn des Versuches in Kenntniss setzt. Dadurch wird die Aufmerksamkeit der Versuchsperson concentrirt, auf den erwarteten Versuch gelenkt und der Einfluss innerer und äusserer Momente herabgesetzt, wodurch die Schwankungen der Aufmerksamkeit geringer werden. Es muss jedoch dieses Signal weder zu lange vor Anfang des Versuches, noch zu kurze Zeit vor demselben erfolgen; in ersterem Falle erlahmt, ermüdet die Aufmerksamkeit, im zweiten wird sie zu sehr gespannt. Nach den Beobachtungen von Wundt ist es am Vortheilhaftesten, wenn das Signal eine Secunde vor Beginn des Versuches gegeben wird, woran auch ich mich bei meinen Versuchen gehalten habe. Das Versuchssubject mit der Masseterzange im Munde befand sich stets in einem Zimmer, während der Schreibapparat und die ganze Anordnung des Versuches in einem benachbarten Zimmer aufgestellt waren. In demselben Zimmer, in welchem der Apparat stand, hielt sich auch die Person auf, welche das Signal zu geben und den Apparat, sowie den ganzen Verlauf des Versuches zu überwachen hatte.

Durch eine Spalte in der beide Zimmer verbindenden Thür gingen Drähte von der Masseterzange zu den elektrischen Apparaten und das Röhrchen von der Marey'schen Kapsel. Die ganze Anordnung des Versuches war somit folgende. (Fig. 1.)

Eine oder zwei Secunden vor Beginn des Versuches signalisirt ein Assistent durch Händeklatschen der Versuchsperson den Beginn des Versuches. Darauf schliesst er mittelst des Schlüssels *S* den Strom in der primären Spirale eines du Bois-Reymond'schen Inductionsapparates, von dessen secundärer Spirale *II* das Subject einen elektrischen Reiz an der Handwurzel erhält, wo eine Watteville'sche Elektrode *W* fixirt ist. Der geschlossene Strom vermerkt, indem er durch den Chronographen hindurchgeht, durch Hebung der Feder *C* den Moment der Hautreizung oder des Signals. Je nach dem Zweck des Versuches öffnet die Versuchsperson mittelst Verkürzung oder mittelst Erschlaffung des Masseters den durch den Chronographen hindurch gehenden Strom, lenkt die Feder nach unten ab und verzeichnet auf diese Weise den Reactionsmoment. Die der Entfernung zwischen diesen beiden Punkten der Curve entsprechende Zeitgrösse wird nach den mittelst des Signals Deprez *D* registrirten Schwingungen der König'schen Stimmgabel *K* berechnet und giebt die ganze Reactionszeit (*R Z*).

Wir hatten uns, wie bereits oben erwähnt, die Aufgabe gestellt, die Eigenschaften der willkürlichen Hemmung und deren Beziehungen zu den willkürlichen Impulsen zu studiren. Zuerst war die Frage zu lösen, ob die Hemmung ebenso unserem Willen unterworfen sei, wie die willkürlichen Impulse. Die vergleichende Zeitmessung beider Reactionen allein ist schon einigermaassen geeignet, eine Antwort auf diese Frage zu liefern. In welcher Weise jedoch die Zeit, d. h. die Geschwindigkeit der Reaction, einen Begriff von dem physiologischen Mechanismus zu geben geeignet ist, — dies bedarf einer kurzen Erklärung. Jeder Reactionsact, d. h. die Wahrnehmung irgend eines als Signal dienenden Sinneseindruckes, und die auf denselben folgende Reaction in Gestalt irgend einer Bewegung, nimmt bekanntlich eine gewisse Zeit in Anspruch, und zwar 0·11″—0·22″ je nach dem Signal und nach den verschiedenen Umständen der Reaction. Es wird vermuthet, dass der gesammte Reactionsact aus mehreren Momenten besteht, und zwar: 1. aus dem der Leitung einer Erregung in den sensiblen Nerven zum sensorischen Centrum, 2. aus dem der Sinneswahrnehmung, 3. des Willensactes, und 4. eines in den Nervenbahnen zu den Muskeln verlaufenden motorischen Impulses. Es besteht folglich auch die ganze Reactionszeit ebenfalls aus mehreren Momenten, wobei auf Grund gewisser Angaben über die Geschwindigkeit, mit welcher sich eine Erregung in den sensiblen und motorischen Nerven verbreitet, angenommen werden muss, dass ein grosser Theil der Reactionszeit für die centrale Arbeit (2 und 3) verwandt wird; auch ist es experimentell bewiesen, dass die Verbreitung von Nerven-

erregungen durch die Zellen der grauen Substanz bedeutend verlangsamt wird. Man kann sich somit durch Vergleichen der für die impulsive und für die Hemmungsreaction erforderlichen Zeit ein wenn auch nur ungefähres Urtheil über die Identität resp. Verschiedenheit der Bahnen bilden, in welchen die impulsiven und Hemmungswellen verlaufen.

Von dieser physiologischen Voraussetzung ausgehend, begann ich meine Versuche mit der einfachen Messung der Zeit, welche erforderlich ist für die Reaction des M. masseter sowohl bei der Contraction, als auch bei der Erschlaffung, d. h. Hemmung desselben.

Die Versuche ergaben Folgendes: In der ersten Zeit war sowohl bei mir selbst, als auch bei allen meinen Versuchssubjecten, deren ich vier zur Verfügung hatte, eine bedeutende Differenz zwischen der impulsiven (*CRZ*) und der Hemmungsreaction (*HRZ*) zu constatiren, und zwar war letztere immer bedeutend grösser als erstere. So war bei mir erstere, die *CRZ*, $= 0 \cdot 25''$ ($^1/_4$ Secunde), *HRZ* $= 0 \cdot 30''$.

Bei anderen Versuchssubjecten war die Zeit beider Reactionen noch grösser und die Differenz noch bedeutender. Nach Verlauf mehrerer Tage jedoch, während welcher die Versuche alltäglich angestellt wurden, wurde die Zeit beider Reactionen geringer und die Differenz zwischen ihnen verschwand. Bei mir bildete sich folgende Norm heraus: *CRZ* $= 0 \cdot 15''$; *HRZ* $= 0 \cdot 14''$. Bei anderen Subjecten wurde die Norm: *CRZ* $= 0 \cdot 18''$ bis $16''$; *HRZ* $= 0 \cdot 17''$ bis $0 \cdot 15''$ constant.

Es haben sich somit unter dem Einflusse der Uebung beide Reactionen in kurzer Zeit ausgeglichen. Die Differenz von $0 \cdot 01''$, welche zwischen beiden Reactionen besteht, ist aller Wahrscheinlichkeit nach von den mechanischen Bedingungen des Apparates (Masseterzange) abhängig. Bei der Contractionsreaction übt nämlich die in den Apparat eingeschaltete Feder einen Widerstand aus, welcher überwunden werden muss, noch bevor die Aeste der Zange in Bewegung kommen, worauf natürlich eine gewisse Zeit verwendet werden muss, während welcher die Muskelspannung des M. masseter ein bestimmtes Niveau erreicht, während bei der Hemmungsreaction die Elasticität der Feder selbst die Aeste der Zange in Bewegung bringt. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes kann man annehmen, dass die Zeiten beider Reactionen sich nach einer kurzen Uebungsperiode gegenseitig ausgleichen.

Die anfängliche Differenz zwischen beiden Reactionen muss dem Mangel an Uebung, d. h. dem Umstande zugeschrieben werden, dass wir im alltäglichen Leben bei Bewegungen, welche eine Erschlaffung des Masseters erfordern, beim Oeffnen des Mundes, uns nicht mit der Hemmung des Muskels begnügen, sondern in ergänzender Weise die antagonistischen

Muskeln, welche den Unterkiefer nach unten ziehen, wie z. B. Mylo-, sterno-hyoideus, contrahiren.

Das Erste, was aus unseren Versuchen hervorgeht, ist somit, dass beide Functionen, sowohl die impulsive als die Hemmungsfunction, in gleicher Weise fähig sind, sich unter dem Einflusse von Uebung zu vervollkommnen; wir sind folglich berechtigt, zu behaupten, dass wenigstens in Bezug auf die Geschwindigkeit der Einfluss des Willens sich auf beide motorischen Functionen desselben gleichmässig erstreckt.

Ferner lässt uns die Gleichheit der Zeiten beider Arten von Willensprocessen: der impulsiven und der Hemmungsprocesse, annehmen, dass die Bahnen, in welchen beide das physiologische Substrat des Willens bildende Arten von Nervenwellen verlaufen, identisch sind.

Im Anschlusse an die Bestimmung beider Reactionen für den Masseter habe ich die Reactionszeit für das Schliessen und Oeffnen des Mundes, d. h. für Bewegungen gemessen, bei welchen der Masseter einmal (beim Schliessen des Mundes) von den Gesichtsmuskeln unterstützt wird, und bei welchen ein anderes Mal (beim Oeffnen des Mundes) seine Erschlaffung oder Hemmung von der Contraction der Antagonisten unterstützt wird. Ich erhielt hierbei folgende Resultate: Reaction beim Schliessen des Mundes $(SRZ) = 0{\cdot}15''$, Reaction beim Oeffnen des Mundes $(ORZ) = 0{\cdot}17''$.

Dieses bei oberflächlicher Betrachtung paradox scheinende Resultat lässt sich jedoch leicht erklären. Beim Schliessen des Mundes spielt nämlich der Masseter die Hauptrolle und das Schliessen des Mundes beginnt mit dem Moment des Anfanges der Contraction dieses Muskels. Die gleichzeitige Contraction der Synergeten kann daher, obgleich sie die Arbeit des Masseters erleichtert, auf den Moment der Reaction keinen Einfluss haben.

Beim Oeffnen des Mundes verhält sich die Sache anders. Der Act des Mundöffnens besteht aus zwei Theilen: zuerst erschlafft der Masseter, wodurch jedoch das Oeffnen des Mundes noch nicht bedingt wird; hierauf folgt eine Contraction der Antagonisten des Masseters, wodurch Oeffnen des Mundes bewirkt wird. Aus diesem Grunde ist auch die Reaction des Mundöffnens etwas grösser — um $0{\cdot}02''$ — als die der Erschlaffung des Masseters. Ich muss an dieser Stelle auf das interessante Resultat dieses Versuches hinweisen. Ist unsere Deutung richtig (und sie ist die einzig mögliche), so ergiebt sich, dass in dem complicirten, aus der Hemmung eines Muskels und der Contraction seiner Antagonisten bestehenden Willensact beide physiologischen Momente: Hemmung und Impuls sich nicht gleichzeitig entwickeln, sondern in der den mechanischen Bedingungen des motorischen Actes entsprechenden Reihenfolge auf einander folgen. Würde

sich dies bei den Bewegungen anderer Apparate, z. B. der Extremitäten, bestätigen, an welchen ein derartiger vergleichender Versuch einstweilen unmöglich ist, so würde daraus eine für die Theorie der willkürlichen Bewegungen äusserst wichtige Thatsache hervorgehen. Jedenfalls spricht der geschilderte Versuch einer vergleichenden Messung der Erschlaffung des Masseters mit und ohne Theilnahme der Antagonisten direct gegen die Kries'sche Annahme.[1] v. Kries behauptet nämlich, dass die Antagonisten (z. B. die Streckmuskeln) beim Acte der rhythmischen Beugung und Streckung der Finger (alternirende Bewegungen) sich noch vor der Erschlaffung der anderen Muskelgruppe, der Beuger, zu constrahiren beginnen. Der Schliessungs- und Oeffnungsprocess des Mundes ist den Beuge- und Streckbewegungen der Finger ganz analog. Auch ist die principielle Verschiedenheit des Innervationsmechanismus in beiden Fällen physiologisch nicht wahrscheinlich.

Behufs näherer Bestimmung der gegenseitigen Beziehungen der impulsiven und der Hemmungsacte zu einander habe ich verschiedene Versuche angestellt, bei welchen beide Arten von Reactionen verschiedenen Bedingungen unterworfen waren. Vor allen Dingen habe ich den Einfluss der Intensität des als Signal dienenden Reizes auf die Zeit beider Reactionen bestimmt.

Dass mit der Steigerung der Reizintensität die Reactionszeit geringer wird, — wurde schon früher bewiesen und von vielen Forschern beobachtet; es fehlte nur noch an vergleichenden Versuchen über beide Reactionen.

Zum Reizen bediente ich mich bei meinen Versuchen, wie bereits oben erwähnt, eines einzelnen Schliessungsschlages der secundären Rolle. Aus diesen Versuchen resultirt ein voller Parallelismus in dem Einflusse der Reizungsgrösse auf beide Reactionen. Es betrug bei minimalem, kaum fühlbarem Schlage:

$CRZ = 0{\cdot}20''$, bei mittelstarkem $= 0{\cdot}15''$, bei starkem Schlage $= 0{\cdot}12''$,
$HRZ = 0{\cdot}17''$, „ „ $= 0{\cdot}14''$, „ „ „ $= 0{\cdot}11''$.

Nachdem ich den Einfluss der Signalgrösse bestimmt hatte, beschäftigte ich mich mit der Erforschung des Einflusses, welchen verschiedene Momente der Muskelreaction selbst auf die Dauer derselben ausüben. Die Grösse der Muskelreaction ist, abgesehen von der Geschwindigkeit, aus zwei Factoren zusammengesetzt: aus der Intensität der Muskelcontraction und dem Umfange, der Amplitude, der Bewegung. Die Amplitude der Bewegung war in meinen Versuchen leicht zu bestimmen durch Messung derselben

[1] J. v. Kries, Zur Kenntniss der willkürlichen Muskelthätigkeit. *Dies Archiv*, 1886, Suppl. S. 1.

mittels der Amplitude der von der Marey'schen Kapsel auf der rotirenden Trommel verzeichneten Curve. Die Kraft oder Intensität der Muskelcontraction konnte ich ändern, indem ich die Spannung der im Apparate befindlichen Feder änderte. Auf diese Weise erhielt ich verschiedene Grössen für die anfängliche Muskelspannung, d. h. für die, mit welcher die Reaction begann. Es wäre somit richtig, dies eine minimale Spannung der Reaction zu nennen, während die Grösse der Amplitude ein Moment ist, welcher sich erst nach Verlauf der Reactionszeit, während der Reaction selbst realisirt.

Ich hatte drei verschiedene Grade von Spannung der Feder, welche in den Versuchen mit den Zahlen 1, 2 und 3 bezeichnet sind und von denen 1 = minimale Spannung, 2 = mittelstarke und 3 = maximale Spannung bezeichnen. Desgleichen hatte ich drei Grössen der Amplituden *a*, *b* und *c*, wobei *a* = minimaler, *b* = mittelgrosser und *c* = maximaler Amplitude entspricht.

Beim Studium der Reactionszeit sowohl für die Impulse, als auch für die Hemmung bei verschiedenen Schwankungen der Spannungsgrösse (des Widerstandes) der Feder und der Amplitude erhielt ich folgende Tabelle (an mir selbst):

			CRZ	*HRZ*
Minim. Spann.,	minim. Amplit.	= 1 *a*	= 0·20″	= 0·18″
„ „	mittl. „	= 1 *b*	0·16	0·15
„ „	maxim. „	= 1 *c*	0·13	0·12
Mittl. Spann.,	minim. Amplit.	= 2 *a*	0·15	0·15
„ „	mittl. „	= 2 *b*	0·17	0·19
„ „	maxim. „	= 2 *c*	0·18	0·20
Maxim. Spann.,	minim. Amplit.	= 3 *a*	0·13	0·14
„ „	mittl. „	= 3 *b*	0·17	0·19
„ „	maxim. „	= 3 *c*	0·20	0·20

Aus obiger Tabelle geht Folgendes hervor:

Vor Allem fällt der volle Parallelismus des Einflusses in die Augen, welchen die verschiedensten Combinationen der Grösse und Intensität der Bewegung auf beide Reactionszeiten ausüben, d. h. die *HRZ* und die *CRZ* verändern sich gleichmässig mit wenigen Ausnahmen, von welchen weiter unten die Rede sein wird.

Ferner bemerken wir, dass die mittlere Reactionszeit, welche oben mit 0·15″ ermittelt wurde, 1 *b*, d. h. der minimalen Spannung und der mittleren Amplitude entspricht. Nimmt man hingegen stärkere oder geringere Spannungen und Amplituden, so nimmt die Reactionszeit in gleicher Weise zu. Es erreicht folglich die Reaction zweimal ihr Maximum (0·20): einmal

bei minimaler Spannung und Amplitude (1 *a*) und zweimal bei maximaler Spannung und Amplitude (3 *c*). Die kürzeste Reactionszeit (0·13″) erhält man bei minimaler Spannung und maximaler Amplitude (1 *c*).

Der auf den ersten Anblick ziemlich complicirte Inhalt der Tabelle lässt sich in Wirklichkeit auf zwei Sätze reduciren: 1. bei minimaler Spannung wird die Reactionszeit mit dem Steigen der Amplitude kürzer; ebenso wird die Reactionszeit bei minimaler Amplitude mit dem Steigen der Spannung kürzer. 2. Bei höherer als bei minimaler Spannung hingegen wird die Reactionszeit mit dem Steigen der Amplitude länger, und ebenso wird sie bei höherer als minimaler Amplitude mit dem Steigen der Spannung länger. Im Allgemeinen erhält man das Resultat, dass bei minimaler Grösse des einen Factors (der Spannung oder der Amplitude) der andere Factor seinen Einfluss auf die Reactionszeit durch Abkürzung der Reactionszeit in dem Maasse äussert, in welchem er selbst steigt. Hat aber keiner von beiden Factoren eine minimale, sondern eine höhere Grösse, so wirken beide Factoren antagonistisch auf die Reactionszeit, wobei letztere eine Verlängerung erfährt.

Fahren wir in unserer Analyse weiter fort, so sind wir im Stande, den ganzen Inhalt unserer Tabelle auf einen einzigen Grundsatz zu reduciren. Die günstigste Bedingung für die Reactionszeit (ihr Minimum) erhält man, wenn einer von beiden Factoren gänzlich ausgeschlossen ist (im Maximum) und der andere im Minimum — und je gleichmässiger beide Factoren in Thätigkeit treten, um so ungünstiger sind die Bedingungen für die Reactionszeit — um so länger ist sie. Um eine Erklärung für diesen Zusammenhang der Reactionszeit mit den genannten Factoren zu finden, ist es nothwendig, zu bestimmen, worin und wie deren Einfluss auf den Verlauf der Reaction besteht.

Wir haben oben bereits gesehen, dass die Reactionszeit um so kürzer ist, je stärker der als Signal dienende Reiz. Diese schon lange bekannte Erscheinung wird von Allen in dem Sinne gedeutet, dass die Aufmerksamkeit, d. h. der psychische Wahrnehmungsact, desto schneller und leichter vor sich geht, je grösser der vom Centralnervensystem empfangene Impuls ist. Es unterliegt auch keinem Zweifel, dass unsere Tabelle am besten aufgefasst und gedeutet werden kann, wenn sie auf die Bedingungen, welche die Concentrirung der Aufmerksamkeit und den psychischen Moment der Willensreaction begünstigen oder behindern, reducirt wird.

Es muss nur ein für alle Mal an der Ansicht festgehalten werden, dass sowohl die Grösse der Spannung, als auch die der Amplitude, einen Stimulus für die Aufmerksamkeit und für den psychischen Willensact abgeben, obgleich die Charaktere dieser beiden Factoren verschieden sind.

Die Grösse der Spannung im Apparate ist der sensorische Reiz für die Aufmerksamkeit, indem sie als sensorisches Signal für die Reaction dient. Man kann daher die Rolle, welche sie spielt, bis zu einem gewissen Grade mit dem Einfluss vergleichen, welchen die Grösse des Reizes oder sensorischen Signals spielt. Was die Grösse der Amplituden anbetrifft, so hat dieselbe nicht den Charakter einer sensorischen Empfindung, sondern ist ein Element der motorischen Vorstellung, welche der Reaction vorangeht. Den experimentellen Beweis dafür, dass die Willensreaction durch die Intensität der motorischen Vorstellung erleichtert und beschleunigt wird, werden wir weiter unten erbringen. Nehmen wir dies als bewiesen an, so müssen wir schon *a priori* erwarten, dass die Grösse der Amplitude ebenfalls die Rolle eines psychischen Stimulus für die Aufmerksamkeit und für den psychischen Moment der Willensreaction spielen muss. An der Hand eines einfachen Satzes, dass nämlich die Spannung und die Amplitude als Stimuli für die Willensreaction dienen, können wir uns leicht den Inhalt unserer Tabelle erklären. Vor allen Dingen ist es selbstverständlich, dass bei minimaler Grösse beider Factoren, wenn beide Stimuli schwach sind, die Bedingungen für die Aufmerksamkeit und für die psychische Thätigkeit ungünstig sind; die Reactionszeit ist in diesem Falle verlängert (= 0·20). Um ferner die oben erwähnte antagonistische Wirkung beider Factoren zu erklären, ist es nothwendig, das Hauptgesetz der psychischen Thätigkeit überhaupt und speciell das der Aufmerksamkeit vor Augen zu behalten, nach welchem um so mehr Zeit für einen bestimmten psychischen Act erforderlich ist, je complicirter die Zusammensetzung einer Vorstellung und je mehr Elemente die Aufmerksamkeit in sich aufzunehmen hat. Die Physiologie erklärt dies mit der Untrennbarkeit der Aufmerksamkeit von der Wahrnehmung, wodurch bei einem complicirten psychischen Acte die einzelnen Factoren des letzteren nach einander consecutiv assimilirt werden und die für den betreffenden Act erforderliche Zeit nothwendiger Weise länger wird. Auf Grund dessen ist es leicht zu erklären, dass die Reactionszeit bei einer bestimmten Grösse beider Factoren (der Spannung und der Amplitude) in Folge grösserer Complicirtheit des ganzen psychischen Actes nicht kürzer, sondern im Gegentheil grösser wird. Aus demselben Grunde erreicht die Reactionszeit dann ihr Minimum, wenn der psychische Act der Willensreaction nur aus einem Factor *in maximo* besteht, der andere aber ausgeschlossen ist.

Dass beide Factoren (die Spannung und die Amplitude), obgleich sie in verschiedener Weise in den Reactionsact eintreten, — der eine als sensorischer, der andere als motorischer Theil des Actes — dennoch in gleicher Weise auf den ganzen Process einwirken, wird auch noch dadurch bestätigt, dass die Grösse ihres Einflusses auf die Reactionszeit ganz gleich ist, d. h.

dass die Reactionszeit um ebenso viel kürzer und länger wird unter dem Einflusse der Spannungsveränderung, wie unter dem der Schwankung der Amplitude.

Bei der Wirkung dieser Factoren ist noch ein Moment hervorzuheben. Die Intensität der Muskelreaction und die Amplitude der Bewegung sind vor allen Dingen nicht allein Muskelarbeit, sondern auch Innervationsthätigkeit. Man könnte also *a priori* erwarten, dass mit der Vergrösserung nur des einen von diesen Factoren auch die dazu erforderliche Innervationsarbeit grösser wird. Weshalb nun die Reactionszeit bei Vergrösserung der Arbeit kürzer wird — dies ist eine Frage, welche im ersten Augenblick unlösbar scheint. Die Thatsache, dass die Ausführung willkürlicher Bewegungen von grösserem Umfange nicht mehr Zeit in Anspruch nimmt, als die von kleineren Bewegungen, ist schon früher von Anderen beobachtet worden. Es ist jedoch nicht schwierig, dieses zu erklären. Man braucht nur daran festzuhalten, dass unsere Nervencentren, also auch die der psychischen und Willensthätigkeit, auf ein gewisses Quantum von Arbeitsleistung vorbereitet sind und dass ein gewisser Vorrath von Nervenenergie stets disponibel ist. Die Entwickelung dieser Kraft ist — bis zu einer bestimmten Grenze — durch verschiedene Momente bedingt; es ist dabei möglich, dass die Grösse der Arbeit selbst innerhalb gewisser Grenzen keine wesentliche Rolle spielt, oder dass verschiedene, die Arbeit begünstigende Bedingungen Uebergewicht über dieselbe erlangen. Ist aber einmal die Grenze der freien Energie überschritten und müssen die Nervencentren einen neuen Vorrath von Kraft entwickeln, dann tritt das Moment der Grösse der Arbeit in seine Rechte und übt einen schon bemerkbaren Einfluss auf die Dauer der Arbeit aus. Hierauf lässt sich vielleicht die oben erwähnte Abkürzung der Reactionszeit bei gleichzeitiger Vergrösserung beider Factoren zurückführen. Ferner muss der Umstand berücksichtigt werden, dass wir uns im alltäglichen Leben an eine bestimmte mittlere, am häufigsten zur Anwendung kommende Willensreaction gewöhnen; durch Gewohnheit bringen wir es dazu, dass diese Reaction von uns in möglichst kurzer Zeit ausgeübt wird. Es beansprucht daher jede neue Willensreaction, sobald dieselbe unter neuen, selbst günstigeren Bedingungen ausgeübt wird, so lange wir an dieselben noch nicht gewöhnt sind, eine längere Zeitdauer. Wir haben auch wirklich gesehen, dass sowohl die minimale Willensreaction 1 *a*, als auch die maximale 3 *c* mehr als die mittlere Zeit in Anspruch nehmen. Sobald wir nämlich an eine bestimmte Grösse der Reaction, d. h. der mittleren Spannung im Muskelsystem und der mittleren Amplitude gewöhnt sind, sind wir jedesmal bei der Ausübung einer Bewegung von geringerer Intensität und Amplitude gezwungen, den gewohnten Innervations- und Nervenmuskelimpuls zu localisiren und ihn abzuschwächen.

Bei einer Bewegung, welche grösser als die mittlere ist, sind wir wieder gezwungen, den Innervations- und den Nervenmuskelprocess zu ändern, indem wir ein neues Element in denselben einführen. In beiden Fällen müssen wir in gleicher Weise zu der gewöhnlichen Arbeit eine neue hinzufügen, was eine Verlängerung der Reactionszeit bedingen kann.

An diese Versuche schliessen sich die Experimente über das Verhalten der Willensreaction unter dem Einflusse motorischer Vorstellungen unmittelbar an.

Bei allen psycho-physischen Untersuchungen überhaupt, ganz speciell aber bei den Versuchen über die Reactionszeit spielt bekanntlich die sogen. Aufmerksamkeit, der Grad der Concentrirung derselben und der Erwartung, eine grosse Rolle. Mit der Erhöhung der Aufmerksamkeit wird die Reactionszeit innerhalb gewisser Grenzen kürzer. Leider sind wir bis jetzt mit dem Wesen desjenigen psychischen Zustandes oder der Erscheinung, welche man gewöhnlich als Aufmerksamkeit bezeichnet, nicht vertraut. Einen Theil dieser Erscheinung kann man jedoch jetzt schon bestimmen, nämlich die Vorstellung des erwarteten Ereignisses, denn in allen derartigen Versuchen weiss das Versuchssubject im Voraus, welche von zwei bis drei Erscheinungen eintreten muss.

Die Rolle, welche diese Seite der Aufmerksamkeit — die Vorstellung — spielt, ist verhältnissmässig leicht zu studiren. Vor allen Dingen müssen hier zwei verschiedene Arten von Aufmerksamkeit unterschieden werden: erstens die Vorstellung des erwarteten Signals, und zweitens, wenn die Aufmerksamkeit nicht auf das erwartete Signal, sondern auf die erwartete Willensreaction, auf die auszuführende Bewegung oder Willensimpuls gerichtet ist. Dadurch wird eine Localisation der Aufmerksamkeit, eine Zergliederung letzterer in zwei Formen: in sensorische und in motorische Vorstellungen erreicht.

Die Resultate meiner Versuche über den Einfluss, welchen die sensorischen Vorstellungen oder Signale ausüben, sind bereits oben mitgetheilt worden. Die von mir angestellten Untersuchungeu über die motorischen Impulse hingegen bilden eine ganz besondere, noch nicht vollendete Serie von Versuchen, über welche ich deshalb an diesem Orte nicht berichten kann. Ich halte es aber dennoch für möglich, schon hier auf eine wichtige Erscheinung aufmerksam zu machen, welche sich auf den Einfluss der motorischen Vorstellungen auf die Reactionszeit bezieht.

Concentrirt die Versuchsperson in Erwartung des Signals ihre Aufmerksamkeit auf die von ihr auszuführende Bewegung, localisirt sie die

Aufmerksamkeit räumlich auf das entsprechende Muskelgebiet und richtet sie ihre Gedanken auf die erwartete Reaction, so wird die Reactionszeit sowohl für den Contractionsimpuls, wie auch für die Hemmung in merklicher, aber ungleicher Weise kürzer. Es beträgt nämlich hierbei $CRZ = 0 \cdot 10$, $HRZ = 0 \cdot 12$.

Ausser der allgemeinen Verkürzung der Reactionszeit werden bei diesen Versuchen noch zwei andere Erscheinungen beobachtet: 1. Fehlerreactionen, wenn die Reaction nicht nach dem verabredeten und erwarteten Signal, sondern nach irgend einem unerwarteten Laut oder Eindruck erfolgt, und 2. vorzeitige Reactionen, wenn die Reaction vor dem Signal eintritt, wie aus den Zeichen auf der Trommel zu ersehen ist. In manchen Fällen ist es schwierig, zu bestimmen, ob eine Fehlerreaction oder eine automatisch-vorzeitige Reaction vorliegt. Selbstverständlich werden zwischen der normalen, wenn auch beschleunigten, und der gänzlich vorzeitigen Reaction viele Uebergangsreactionen beobachtet, wenn die Reactionszeit $= 0 \cdot 01$, — $0 \cdot 02$, — $0 \cdot 09$ ist. Im Allgemeinen also werden viele Fälle von Reaction beobachtet, welche der Zeit nach unregelmässig sind, und nimmt man im Ganzen die mittlere Zeit, so fällt sie bedeutend geringer als die angegebene — $0 \cdot 10''$ — aus.

Noch eine interessante Erscheinung wird bei derartigen Versuchen beobachtet. Es ist nämlich die Reactionszeit um so unregelmässiger und um so öfter werden Fehler verschiedener Art beobachtet, je kürzer die Periode der angestrengten Aufmerksamkeit der Versuchsperson ist. So sind z. B. nach Verlauf von zwei bis drei Secunden die Fehler am grössten und die vorzeitigen Reactionen treten oft auf, hierauf aber wird die Zahl der Fehler geringer. Diese interessante Erscheinung weist auf eine ungleichmässige Spannung der Aufmerksamkeit, auf verschiedene Intensität des Bewusstseins und der motorischen Vorstellungen hin. Wahrscheinlich also erreichten die Aufmerksamkeit und die motorischen Vorstellungen Anfangs das Maximum der Intensität, dann erfolgt allmählich gleichsam eine Ermüdung der Aufmerksamkeit und Abschwächung der Kraft der motorischen Vorstellungen; in Folge dessen nähert sich der ganze Verlauf des Versuches dem gewöhnlichen bei nicht gespannter Aufmerksamkeit. Alle diese Unregelmässigkeiten und Schwankungen der Reactionszeit bei dergleichen Versuchen über die motorische Aufmerksamkeit werden, wenngleich in geringerem Grade, auch bei der Hemmungsreaction beobachtet, wenn die Versuchsperson ihre Aufmerksamkeit auf die erwartete Muskelerschlaffung concentrirt und sich bemüht, sich diese nach Möglichkeit vorzustellen. Auch bemerkt man leicht, dass die mittlere Reactionszeit für die Hemmung bei der motorischen Aufmerksamkeit verkürzt ist, aber ver-

hältnissmässig weniger als *CRZ* (= 0·12). Aller Wahrscheinlichkeit nach wird dieser Unterschied dadurch bedingt, dass die Hemmungsvorstellung selbst sich ihrer Seltenheit halber durch geringere Klarheit als die motorische Vorstellung auszeichnet, und es ist daher die Hemmungsvorstellung nicht im Stande, die Aufmerksamkeit in solcher Spannung zu erhalten, wie die motorische Vorstellung. Es ist sehr wahrscheinlich, dass beide Arten von Vorstellungen durch Uebung an Klarheit gleich werden können und dann wird ihr Einfluss auf den Verlauf des Versuches ebenfalls klar werden.

Nachdem ich eine kurze Mittheilung über meine Versuche betreffs des Einflusses der motorischen Aufmerksamkeit auf die Reactionszeit gemacht und dieselbe „secundäre Reactionszeit“[1] genannt hatte, machte v. Lange[2] im Laboratorium des Prof. Wundt ebenfalls den Versuch, die Aufmerksamkeit zu zergliedern und den Einfluss der zwei Arten derselben, nämlich der sensorischen und der musculären, auf den Verlauf der Reaction zu studiren. Als sensorische Aufmerksamkeit bezeichnet Lange diejenigen Fälle, in denen die Aufmerksamkeit der Versuchsperson vor der erwarteten Reaction auf dasjenige Sinnesorgan gerichtet ist, durch welches das Signal erwartet wird, z. B. auf das Auge, das Ohr, auf die Haut; als musculäre Aufmerksamkeit hingegen bezeichnet er diejenigen Fälle, in welchen die Aufmerksamkeit der Versuchsperson auf den motorischen Apparat gerichtet ist, in welchem die erwartete Reaction stattfinden muss. Wundt nennt die erste von diesen Reactionen eine vollendete, die zweite eine verkürzte weil die Reactionszeit der Muskelreaction kürzer ist (0·105), als die der sensorischen (0·11).

Es erhellt aus den angeführten Bestimmungen von Lange, dass sowohl bei der sensorischen, wie bei der musculären Reaction die Aufmerksamkeit auf peripherische Organe gerichtet ist; man kann daher in den Lange'schen Fällen von einer peripherischen Aufmerksamkeit sprechen; in unseren letzteren Versuchen hingegen ist die Aufmerksamkeit der Versuchsperson mit der Vorstellung von der erwarteten Bewegung beschäftigt, wir sind folglich berechtigt, in unseren Fällen von Innervations-Aufmerksamkeit zu sprechen. In denjenigen Fällen, in welchen die Aufmerksamkeit der Versuchsperson auf die Amplitude der Bewegung gerichtet ist, haben wir eine Varietät der Innervations-Aufmerksamkeit, vielleicht mit Beimengung sensorischer Elemente. In den Fällen aber, in welchen die Spannung des Apparates und des Masseters Gegenstand der Aufmerk-

---

[1] *Neurologisches Centralblatt.* 1887. Nr. 12.

[2] Wundt, *Grundzüge der physiologischen Psychologie.* 3. Aufl. 1887.

samkeit sind, haben wir eine Aufmerksamkeit gemischteren Charakters und zwar zugleich Innervations- und sensoriell-musculäre Aufmerksamkeit. Es ist sehr wahrscheinlich, dass auch noch andere Localisationen der Aufmerksamkeit existiren; für uns sind jetzt von Interesse Zusammenstellung und Vergleich des Einflusses, welchen verschiedene Localisationsformen der Aufmerksamkeit auf die Reactionszeit ausüben. Wie wir gesehen haben, ist

minim. Spannung u. maxim. Amplitude	*CRZ* = 0·13	*HRZ* = 0·12
minim. Amplitude u. maxim. Spannung	0·13	0·14
bei Bewegungsvorstellung	0·10	0·12
in den Lange'schen Versuchen über		
sensorische Reaction	0·11	
musculäre Reaction	0·10	
in meinen Versuchen über den Einfluss der Signalgrössen bei starkem elektrischem Schlage	0·12	0·11

Beim Vergleichen obiger Zahlen mit einander muss der Unterschied der Grösse der mittleren Reaction in meinen und in den Lange'schen Versuchen im Auge behalten werden; in meinen Versuchen ist sie = 0·15, bei Lange ist sie = 0·11. In allen Lange'schen Versuchen war die Aufmerksamkeit der Versuchsperson gespannt, während bei meinen Versuchen, wie auch in denen von Donders, Hankel u. A., die Aufmerksamkeit durchaus nicht gespannt war; daher stimmen die von mir ermittelten Zahlen mit denen der genannten Autoren überein, während die von Lange ermittelten sich denen von Exner und Kries nähern.

Berücksichtigt man diese Verschiedenheit, so ergiebt sich erstens, dass zwischen der *HRZ* und der *CRZ* ein Unterschied in Bezug auf den Einfluss verschiedener Bedingungen auf die Dauer der Reactionszeiten besteht. So erhält man die geringste *CRZ* bei motorischen Vorstellungen oder bei der Innervations-Aufmerksamkeit = 0·10. Für die *HRZ* erhält man den geringsten Werth bei starken Signalen = 0·11. Aller Wahrscheinlichkeit nach hängt dieser Unterschied von dem oben erwähnten Mangel an Uebung und folglich auch von der Unklarheit der hemmenden oder negativen Vorstellungen ab. Ferner ist es auffallend, dass die *CRZ* unter dem Einflusse der erhöhten Spannung am wenigsten sich verändert = 0·13, die *HRZ* aber sich gar nicht verändert = 0·14. Wahrscheinlich spielt hier eine rein musculäre Erscheinung eine Rolle — es ist möglich, dass der Muskel durch die starke Spannung weniger empfänglich wird für die Innervation; in Folge dessen wird die ganze Reactionszeit trotz der günstigeren Bedingungen für den psychischen Moment wenig verändert. Im Allgemeinen

muss bemerkt werden, dass die Reactionszeit unter dem Einflusse der verschiedenartigsten Bedingungen bei den Versuchen nicht geringer wird als $0 \cdot 10''$, was für den Hautreiz wahrscheinlich die Grenze der raschesten Willensreaction unter physiologischen Bedingungen und bei nicht ermüdetem Nervenmuskelappàrate bildet.

Was die Ermüdung und den Einfluss derselben auf die Reactionszeit anbetrifft, so haben meine Beobachtungen gezeigt, dass sowohl die CRZ als auch die HRZ bei der Ermüdung deutlich länger werden, und zwar ist $CRZ = 0 \cdot 20$ und $HRZ = 0 \cdot 22$.

Bezüglich des Einflusses pathologischer Bedingungen auf die Dauer der Reactionszeit habe ich nur Versuche über den Einfluss des Alkohols angestellt.

Kraepelin hat die Thatsache festgestellt, dass gewisse Narcotica, dem Versuchssubject vor Beginn des Versuches innerlich gereicht, in ihrer Wirkung zwei Phasen erkennen lassen: 1. eine Phase der Verlängerung der Reactionszeit und 2. eine Phase der Verkürzung der Reactionszeit.

Beim Alkohol ist nach Kraepelin das Gegentheil der Fall. Der Alkohol bedingt erst eine Verkürzung und dann, als zweite Phase, eine Verlängerung der Reactionszeit. Vom theoretischen und vom pathologischen Standpunkte war es von grossem Interesse, zu erforschen, wie sich die beiden elementaren Reactionen (die impulsive und die Hemmungsreaction) dem Alkohol gegenüber verhalten, ob sie sich gleichmässig verändern oder nicht. Die Kraepelin'schen Versuche, wie überhaupt alle hierauf bezüglichen bis jetzt angestellten Experimente wurden nicht an einem autonomen Muskel, sondern an einer Muskelgruppe mit Betheiligung der Antagonisten angestellt, wo, wie bereits bewiesen, die Hemmung von dem Impulse untrennbar ist. Die von mir angestellten Versuche ergaben ein positives Resultat. Es stellt sich heraus, dass unmittelbar nach der Einverleibung von Alkohol *per os* beide Reactionszeiten kürzer werden. $CRZ = 0 \cdot 10$; $HRZ = 0 \cdot 12$ in 8 Minuten nach Einverleibung von 60 gr schwachen Rums. Nach kurzer Zeit (15 — 30 Minuten) wird die Reactionszeit verlangsamt: $CRZ = 0 \cdot 25$, $HRZ = 0 \cdot 20$.

Das Resultat aller meiner Versuche besteht in der Gleichheit der Reactionszeit für beide Formen der Willensthätigkeit: für die impulsive und Hemmungsthätigkeit und in der Identität der Einwirkung verschiedener sowohl physiologischer, als auch pathologischer Bedingungen auf die Reactionszeit beider Formen des Willens.

Indem ich mich einstweilen jeder Verallgemeinerung enthalte, zu welchen diese Thatsachen schon einigermaassen berechtigten, will ich mich darauf beschränken, hier als Resumé einige Bemerkungen zu machen. Erstens betreffs der anatomischen Bahnen, in denen die Willensimpulse verlaufen, des so zu sagen Willensbogens, muss ich hier wiederholen, was bereits oben erwähnt wurde, dass man aus der Gleichheit der Zeiten beider Reactionsformen mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die anatomische Identität der Bahnen oder Bogen schliessen kann. Um sich diesen Zusammenhang zwischen der Reactionszeit und der Localisation der Nervenbahn erklären zu können, erinnere man sich des theilweise bewiesenen und mit vollem Recht von den Physiologen vermutheten functionellen Zusammenhanges zwischen der morphologischen Gruppirung der Nervencentren und der Geschwindigkeit der Verbreitung der Nervenprocesse. Was die gegenseitigen Beziehungen der beiden Formen der Willensthätigkeit vom physiologischen Standpunkte anbetrifft, so spricht die Gleichheit der Reactionszeiten, hauptsächlich aber das identische Verhältniss derselben zu den verschiedenen Bedingungen und Einflüssen gegen einen essentiellen Unterschied zwischen den Impulsen und Hemmungen. Erkennt man aber die Ansicht Wundt's an, wonach die Impulse mit einem Freiwerden lebendiger Kraft, die Hemmung hingegen mit dem entgegengesetzten Process verbunden sind, so wäre es äusserst schwierig, ja fast unmöglich, zu erklären, in welcher Weise dieselben Bedingungen, welche das Freiwerden lebendiger Kraft begünstigen, d. h. die Impulse, zugleich auch den entgegengesetzten Process, d. h. die Hemmung, begünstigen können! Um dieses vom Wundt'schen, wie überhaupt von jedem, einen essentiellen Antagonismus zwischen beiden Formen der Willensthätigkeit zugebenden Standpunkte zu erklären, ist es nothwendig, wie dies auch Wundt gethan hat, seine Zuflucht zu der Labilitätstheorie der Nervencentren zu nehmen. Vermittelst dieser Hypothese beabsichtigt man die Leichtigkeit zu erklären, mit welcher das Nervensystem aus einem physiologischen Zustande in den anderen übergeht. Hierbei vergisst man jedoch, dass diese mechanische Hypothese den chemisch-physischen Widerspruch keineswegs aufhebt.

Auch ist die dualistische Theorie wohl schwerlich im Stande, die durch unsere Versuche constatirte Thatsache zu erklären, dass die Hemmung schwacher Impulse mehr Zeit als die Hemmung starker Impulse beansprucht.

Angenommen, dass die Impulse und Hemmungen antagonistische Zustände der Centren im Sinne von mechanischer Arbeit sind, müssten wir gerade das Gegentheil erwarten. In gleicher Weise sprechen auch die Versuche über den Einfluss des Alkohols und der Ermüdung, welchen

einige Physiologen mit der Hemmung identificiren, gegen die dualistische Theorie. Es sprechen daher unsere Versuche, obgleich sie noch keinen Anhaltspunkt für die Aufstellung irgend einer Theorie der Wechselbeziehungen zwischen Impulsen und Hemmungen liefern, jedenfalls sehr gegen die dualistische Theorie und lassen die physiologische Identität beider Formen des Willens als sehr wahrscheinlich erscheinen.

Welcher Art nun die anatomische und physiologische Wechselbeziehung zwischen den Impulsen und Hemmungen auch ist, verlaufen sie in denselben oder in verschiedenen Nervenbahnen, sind sie einander identisch oder antagonistisch — das Eine steht jedenfalls fest, dass irgendwo, d. h. in irgend einem Abschnitte des Nervensystems eine Wechselwirkung zwischen diesen beiden Processen stattfinden muss. In dem Falle z. B., wenn wir willkürlich die Thätigkeit des Masseters hemmen, muss die Nervenwelle, welche von den psychomotorischen Centren ausgeht und dem Masseter einen Impuls zuführt, irgendwo durch die Hemmungswelle unterbrochen oder unterdrückt werden. Es entsteht daher nothwendigerweise die Frage: „wo findet die Interferenz beider Wellen statt? im Centrum selbst oder irgendwo unterwegs? oder wird vielleicht der impulsive Process durch den Hemmungsprocess erst im Muskel selbst unterdrückt?" Auch auf diese Frage lieferten unsere Beobachtungen eine, wenn auch indirecte Antwort. Würde nämlich die Hemmungswelle mit der impulsiven nicht im Centrum selbst, d. h. nicht an dem Orte, wo letztere Welle sich *in statu nascendi* befindet, zusammentreffen, sondern dieselbe irgendwo auf dem Wege zwischen Centrum und Muskel einholen, so wäre die Reactionszeit für die Hemmung länger als die *CRZ*, da die Hemmungswelle am Bewegungsorte beider Wellen ein Hinderniss zu überwinden hätte. Es spricht somit die Identität beider Formen von *RZ* für die anatomische Localisation des Ortes der Interferenz beider Processe in einem und demselben, und zwar im psychomotorischen Centrum.

Die analoge Frage der physiologischen Localisation der Wechselwirkung beider Wellen wird auf derselben Grundlage gelöst. Nehmen wir mit Helmholtz, Brücke, Kronecker, Kries u. A. an, dass jeder Willensimpuls complicirt ist und aus mehreren (ca. 10) elementaren Wellen besteht, so wird es natürlich nicht gleichgültig sein, ob der impulsive Process beim Freiwerden der Hemmungswelle am Anfange unterdrückt oder in der Mitte zwischen einer elementaren Welle und der anderen, und noch dazu in verschiedenen Punkten, unterbrochen werde. Wir wiederholen nochmals, dass eine solche Identität beider Reactionszeiten und der Parallelismus derselben dennoch auch hier gegen ein solches so zu sagen Eindringen der Hemmungswelle in die impulsive spricht. Es spricht im

Gegentheil Alles dafür, dass der impulsive Process unter dem Einflusse der frei werdenden Hemmung, oder wenigstens zugleich mit ihr *in toto*, so zu sagen *in statu nascendi* aufgehoben wird.

Zum Schlusse halte ich es für meine angenehme Pflicht Hrn. Geheimrath Prof. Dr. E. du Bois-Reymond für die gütige Ueberlassung der Hülfsmittel des physiologischen Instituts und Hrn. Prof. Dr. Gad für dessen freundlichen Rath und Hülfe bei der Anordnung der Versuche meinen innigsten Dank auszusprechen.

Ueber die Beziehungen der Nervenfasern zu den Nervenzellen in den Spinalganglien.

Von

Johannes Gad und **Max Joseph**
in Berlin.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Berlin.)

Es ist ein altes und berechtigtes Verlangen, welches die Pathologie immer wieder an die Physiologie stellt, auf experimentellem Wege Thatsachen beizubringen, welche geeignet sind, über den Grad und die Natur der trophischen Abhängigkeit der Gewebe von centralen nervösen Apparaten Aufschluss zu geben. Beachtenswerth ist das nicht eben günstige Zusammentreffen, dass die am besten ermittelten hierher gehörigen Thatsachen gerade die Trophik der Nervenfasern selbst betreffen. Dadurch ist bedingt, dass vielfach die Frage der Trophik der Nervenfasern mit derjenigen nach den „trophischen Nervenfasern" vermengt worden ist und dass man, nachdem der trophische Einfluss der Spinalganglien auf die centripetalen Nervenfasern von Waller erkannt worden war, die trophischen Centren auch für andere Gewebe in den Spinalganglien suchen zu müssen geglaubt hat.

Jedenfalls wird man bei Versuchen, tiefer in das Wesen der trophischen Abhängigkeit der Gewebe von nervösen Centralapparaten einzudringen, gut thun, von den am besten constatirten Thatsachen auf diesem Gebiete auszugehen. Allerdings waren ja auch die Resultate der klassischen Untersuchungen Waller's neuerdings in Zweifel gezogen worden.

Waller[1] war durch seine Experimente an dem zweiten Halsnerven bei der Katze zu der Ueberzeugung gelangt, dass sich in den Spinalganglien das trophische Centrum für die sensiblen Nerven befinde. So vielfach er auch die Versuche variirte, stets bewahrten die sensiblen Fasern, so lange

[1] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.* 1851. t. XXXIII. p. 606.

sie mit dem Ganglion in Continuität blieben, ihre Integrität. Ebenso regelmässig gingen sie aber zu Grunde, sobald ihre Verbindung mit dem Ganglion aufgehoben war. Vejas[1] glaubte bei einer Nachprüfung dieser Experimente einige Abweichungen constatirt zu haben. Er fand nach Trennung der hinteren Nervenwurzel vom Rückenmarke die Nervenfasern des mit den Spinalganglien noch in Verbindung stehenden Stumpfes der Wurzel degenerirt. Das Ganglion selbst blieb bei Durchschneidung der Fasern zwischen ihm und dem Rückenmarke zwar erhalten, ging aber bei Durchtrennung der peripherischen Fasern zu Grunde. Danach hielt er sich zu der Annahme berechtigt, dass von den Spinalganglienzellen, welche er für unipolar hält, unabhängige Fasern entspringen, welche mit einer bisher unbekannten Function betraut sind. Joseph[2] war es nun gelungen, den Grund für die abweichenden Ergebnisse, zu welchen Vejas gelangt war, anzugeben und die von Waller und anderen Forschern erhaltenen Resultate im Wesentlichen zu bestätigen. Nur in einem Punkte konnte er dieselben erweitern. Er wies nach, dass zu einem freilich nur kleinen Theile der centripetalen Nervenfasern die Nervenzellen des Spinalganglions in keiner Beziehung stehen. Er fand nämlich, dass sowohl nach Durchschneidung des gemischten Nerven peripher vom Ganglion ein Theil der Fasern der hinteren Wurzel, als auch nach Durchschneidung der hinteren Wurzel ein Theil der Fasern des gemischten Nerven degenerirte.

Giebt es also auch zweifellos centripetale Nervenfasern, welche das Spinalganglion durchsetzen, ohne zu Nervenzellen desselben in nähere Beziehung zu treten, so kann es doch für die grosse Masse der centripetalen Nervenfasern als ausgemacht gelten, dass für die Erhaltung ihrer normalen Structur die Verbindung mit dem Spinalganglion erforderlich und ausreichend ist. Was für die Erhaltung der normalen Structur gilt, wird wohl auch für die Erhaltung der Function zutreffend sein. Da aber die Revision der Structuränderungen in einigermaassen zuverlässiger Weise sich erst längere Zeit nach der Continuitätstrennung vornehmen lässt, so müssen directe Untersuchungen der Functionsänderungen nach Continuitätstrennungen als Ergänzungen zu den histologischen Befunden wenigstens sehr wünschenswerth erscheinen.

Wenn zwischen den Resultaten der histologischen und functionellen Prüfung Uebereinstimmung besteht, so erscheint es sachgemäss, der Frage nach dem Mechanismus des trophischen Einflusses der Ganglien auf die centripetalen Fasern näher zu treten. Dass dieser Einfluss auf eine Ver-

---

[1] *Beitrag zur Anatomie und Physiologie der Spinalganglien.* Inaugural-Dissertation. München 1883.

[2] Zur Physiologie der Spinalganglien. *Dies Archiv.* 1887. S. 296.

bindung der Nervenfasern mit Nervenzellen der Ganglien zurückzuführen sein wird, kann kaum einem Zweifel unterliegen. Welcher Art aber die Verbindungen sind, und wie die besonderen Stoffwechselvorgänge der Nervenzellen in die Ernährungsbedingungen der Nervenfasern eingreifen, bleibt zu untersuchen.

Was zunächst die Verbindungen anlangt, so ist wohl klar, dass unipolare Nervenzellen in den Spinalganglien mit der Trophik centripetaler Nervenfasern kaum etwas zu thun haben können. Sollte es solche unipolare Ganglienzellen in den Spinalganglien erwachsener Wirbelthiere wirklich geben, so könnten die von ihnen ausgehenden Nervenfasern nur entweder ausschliesslich der Verbindung des Ganglions mit dem Rückenmarke oder ausschliesslich mit der Peripherie dienen, nicht aber einer continuirlichen Erregungsleitung von der Peripherie durch das Ganglion bis zum Rückenmarke, wie sie der wohlbegründete Begriff centripetaler Erregungsleitung erfordert. Wirklich centripetale Nervenfasern d. h. solche, durch deren Vermittelung auf peripherisch einwirkende Reize Reflexe im Centralnervensysteme ausgelöst werden, können in den Spinalganglien weder ihren Anfang, noch ihr Ende haben. Nun giebt es freilich eine Art, in welcher die Nervenzelle durch Vermittelung eines einzigen Ausläufers mit der das Spinalganglion durchsetzenden Nervenfaser in Verbindung treten kann. Die von Ranvier gerade im Spinalganglion nachgewiesene Form der **T**-Fasern bietet hierfür die Möglichkeit. Die das Seitenstück der **T**-Faser endigende Nervenzelle könnte im strengen Sinne des Wortes unipolar und doch geeignet sein, Einflüsse auf den zum Spinalganglion zutretenden und auf der anderen Seite von ihr abgehenden Theil der mit ihr verbundenen Nervenfaser auszuüben. Es wäre dann aber zu erwarten, dass die der Function dienenden, von der Peripherie kommenden Erregungswellen bei dem Seitenstücke des **T** zum Rückenmarke vorbeifliessen, ohne den Seitenweg einzuschlagen, ohne die Nervenzelle in Mitleidenschaft zu ziehen und ohne ihrerseits von der Nervenzelle aus beeinflusst zu werden. Speciell wäre dann auch zu erwarten, dass eine Verzögerung in der Leitung solcher Erregungswellen bei dem Durchtritte durch das Spinalganglion nicht eintreten sollte. Diese Betrachtungsweise scheint einer experimentellen Prüfung zugänglich zu sein.

Für die so erwachsenden Aufgaben der functionellen Controle der histologischen Durchschneidungsresultate und der Bestimmung der Leitungszeit der Erregung beim Durchtritte durch das Spinalganglion erscheint das klassische Untersuchungsobject Waller's wenig geeignet. Allerdings ist dasselbe in einer, nach wesentlicher Beendigung der Experimente vorliegender Arbeit, erschienenen Untersuchung von Pre-

galdino[1] für den erstgenannten Zweck verwendet worden. Und auch über die Leitungszeit in Spinalganglien liegen ältere Beobachtungen von Wundt[2] und von Exner[3] vor. Aber die Arbeit von Pregaldino scheint uns gerade wegen der Ungeeignetheit des gewählten Versuchsfeldes an Unklarheiten zu leiden, worauf wir später ausführlich zurückkommen werden, und die Resultate von Wundt und Exner widersprechen sich.

Bemerkenswerth ist, dass bereits Waller[4] seine Versuche über histologisch und functionell nachzuweisende Entartung nach Nervendurchschneidung auf den Vagus in seinen Verbindungen mit dem Sympathicus und seinen Ganglien ausgedehnt hat. Inwieweit hierbei das ausserhalb der Schädelhöhle in der Tiefe der Kieferwinkelgegend gelegene eigene Ganglion des Vagus berücksichtigt wurde, geht aus der Darstellung Waller's nicht mit Klarheit hervor. Immerhin sind wir durch die Lectüre des betreffenden Passus bei Waller auf die Geeignetheit dieses Ganglions für die Lösung der Aufgabe, welche wir uns gestellt hatten, aufmerksam geworden.

Was die Benennung dieses Ganglions bei unserem Versuchsthiere, dem Kaninchen, anlangt, so müssten wir es seiner Lage nach, in Analogie zur Nomenclatur der menschlichen Anatomie, als Plexus nodosus vagi oder Plexus ganglioformis vagi bezeichnen. Da dieses Ganglion beim Kaninchen aber gar Nichts einem Plexus ähnliches zeigt, vielmehr ein in sich gut geschlossenes Gebilde darstellt, müssen wir fürchten, durch die Bezeichnung als Plexus eine falsche, gerade für unsere Betrachtungen störende Vorstellung zu erwecken. Einen neuen Namen einzuführen scheint nicht angezeigt. Wir werden also den Namen Ganglion jugulare gebrauchen, dabei aber nicht vergessen, dass der Zusatz inferius nothwendig werden kann, falls beim Kaninchen ein Ganglion des Vagus im Foramen jugulare selbst nachgewiesen und durch darauf gerichtete Untersuchungen dem Interesse näher gerückt werden sollte.

I. Morphologische Beobachtungen.

Das Ganglion jugulare (inferius) des N. vagus bietet für Behandlung der gestellten Aufgaben folgende Vortheile: Bei dem Kaninchen, welches für Functionsprüfungen und zeitmessende Versuche ungleich geeigneter ist, wie

---

[1] Contribution à l'étude des ganglions intervertébraux. *Bulletins de l'Aacadémie royale de Médecine de Belgique.* IV. Série. t. I. Nr. 8. p. 671.

[2] *Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren.* Stuttgart 1876. Zweite Abthlg. S. 45 u. 104.

[3] In welcher Weise tritt die negative Schwankung durch das Spinalganglion? *Dies Archiv.* 1877. S. 567.

[4] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.* 1852. t. XXXIV. p. 584.

die von Waller für seine Zwecke verwendete Katze, liegen die anatomischen Verhältnisse nicht ganz so günstig wie bei letzterer, aber immer noch bequem genug.

Zwischen der Schädelbasis und dem Ganglion findet sich ein Nervenstück, welches bei verschiedenen Kaninchen verschieden lang ist, aber stets lang genug, um sowohl die zur Verhütung vorzeitiger Verheilungen nothwendige Excision in genügendem Umfange, als auch, um eine streng localisirte elektrische Reizung vornehmen zu können. Die Wunde, durch welche das Ganglion und das Nervenstück bis zur Schädelbasis zugänglich gemacht werden kann, ist zwar tief, aber nicht mit Schädigung lebenswichtiger Theile verbunden und heilt bei genügender Antisepsis vorzüglich.

Für die Functionsprüfungen kommt die genaue Kenntniss der Leistungen der verschiedenen Fasersysteme des Vagus sowie die Sicherheit der auf diesem Gebiete hoch entwickelten Versuchstechnik in Betracht.

Als Uebelstand muss anerkannt werden, dass nicht, wie bei den eigentlichen Spinalganglien zwischen Ganglion und Centrum eine Sonderung der centripetalen und centrifugalen Fasersysteme in vordere und hintere Wurzeln besteht. Leider hat sich auch unsere auf Steiner's[1] bekannten Spaltungsversuch des Vagus begründete Erwartung, dass sich innerhalb des Vagusstammes eine systematische Gliederung der Nervenfasern finden werde, nicht in vollem Umfange bestätigt.

Immerhin ist aber, wie wir sehen werden, wenigstens im Ganglion selbst eine solche Gliederung vorhanden.

Durch einen ausgiebigen Schnitt in der Mittellinie, welcher gleich weit nach oben und unten von der Verbindungslinie der Kieferwinkel reicht, wird die Haut und die oberflächliche Fascie bis zu den Submaxillardrüsen gespalten. Durch stumpfe Praeparation wird die eine dieser Drüsen gelöst und mittels eines belasteten Häkchens nach aussen vom Kieferrande gehalten. Im vorderen Theile der Wunde liegt dann am meisten lateral die Sehne des M. biventer vor, dicht daneben parallel damit der N. hypoglossus mit der darunterliegenden Art. lingualis und daneben das lange Zungenbeinhorn, von dessen innerem Rande sich der M. thyreohyoideus ausbreitet und von dessen Spitze der M. stylohyoideus sich lateral in die Tiefe senkt, den N. hypoglossus, die Verzweigungen der Carotis ext. und die Sehne des M. biventer bedeckend. Schiebt man jetzt den M. sternocleidomastoideus zur Seite, so sieht man zwischen ihm und dem M. sternohyoideus die A. carotis communis und lateral davon den Stamm des N. vagus. Ueber den Vagus und die Carotis communis hinweg ziehen, durch ziemlich festes Bindegewebe mit ihnen ver-

[1] Ueber partielle Nervendurchschneidung. *Dies Archiv.* 1878. S. 218.

bunden, von der lateralen Seite aus der Tiefe kommend, Aeste der Cervicalnerven und des R. descendens N. hypoglossi zu den äusseren Kehlkopfmuskeln, welche für den vorliegenden Zweck nicht geschont zu werden brauchen. Unter der Carotis communis verläuft, vom Vagus kommend, der N. laryngeus sup. in querer Richtung zum Kehlkopfe. Dicht oberhalb senkt sich die Carotis int. längs des M. stylohyoideus in die Tiefe. Lateral von ihr, durch ziemlich festes Bindegewebe mit ihr verbunden, der N. vagus welcher an dieser Stelle zu dem Ganglion jugulare anschwillt. Um das Ganglion und den Vagus bis zur Schädelbasis frei zu praepariren, schneidet man den M. stylohyoideus vom Zungenbein ab und zieht ihn kräftig nach aussen, wodurch auch der in die Tiefe gerichtete Verlauf des N. hypoglossus frei wird. Zunächst isolirt man durch stumpfe Praeparation diesen, den N. vagus und die Carotis int. kreuzenden Nerven bis zur Schädelbasis, dann kann man auch das Stück des Vagus zwischen Ganglion und Schädelbasis mit Schonung des R. pharyngeus in seiner ganzen Länge isoliren. In der Tiefe der Wunde nach vorne und innen vom Vagus erscheint dann noch der N. glossopharyngeus.

Ehe wir uns an die Lösung der speciell in's Auge gefassten Aufgaben begeben konnten, mussten wir uns selbstverständlich ein genaues Bild von den Degenerationen verschaffen, welche am N. vagus nach Durchschneidungen, central und peripher vom Ganglion jugulare, eintreten.

Der Beschreibung der hierauf bezüglichen Resultate möge eine Schilderung der histologischen Untersuchungsmethoden und der normalen Structurverhältnisse vorangehen.

Zwischen der Durchschneidung central oder peripher vom Ganglion und der mikroskopischen Untersuchung des Nerven liessen wir einen Zeitraum, welcher sich in den einzelnen Versuchen auf 21 bis 58 Tage belief, vergehen. Der sorgfältigst herauspraeparirte Nerv wurde dann auf einem Korkstückchen befestigt, in Müller'scher Flüssigkeit conservirt und später mit den verschiedensten Färbemitteln, neutrales Carmin (Fritsch), Picrocarmin, Haematoxylin, Saffranin u. s. w. behandelt. In einer Reihe von Versuchen wurden Serien angelegt, meist aber begnügten wir uns mit einer grösseren Zahl von Querschnitten aus den verschiedensten Abschnitten der voraussichtlich degenerirten Nerven. Durch Vergleich mit Bildern eines normalen N. vagus, welcher auf die gleiche Weise behandelt war, konnten wir uns am besten über die pathologischen Verhältnisse, sei es im Ganglion, sei es im Nervenstamme, orientiren. Eine genaue Beschreibung der einzelnen Stadien der Degeneration können wir uns versagen, da unsere Beobachtungen keinerlei Abweichungen von dem zeigen, was durch eine Reihe anderer sehr geschätzter Autoren über diesen Gegenstand bekannt ist.

Hr. Prof. Fritsch und Hr. Dr. Benda standen uns bei diesen Untersuchungen stets in liebenswürdigster Weise mit Rath und That bei.

An den Querschnitten des Ganglions (vergl. Fig. 1, II u. III) sind wesentlich drei Zonen zu unterscheiden: 1. die der umhüllenden Gewebe (*e*, *f*), 2. die der Nervenfasern (*b*, *c*) und 3. die der Ganglienzellen (*a*). Die beiden

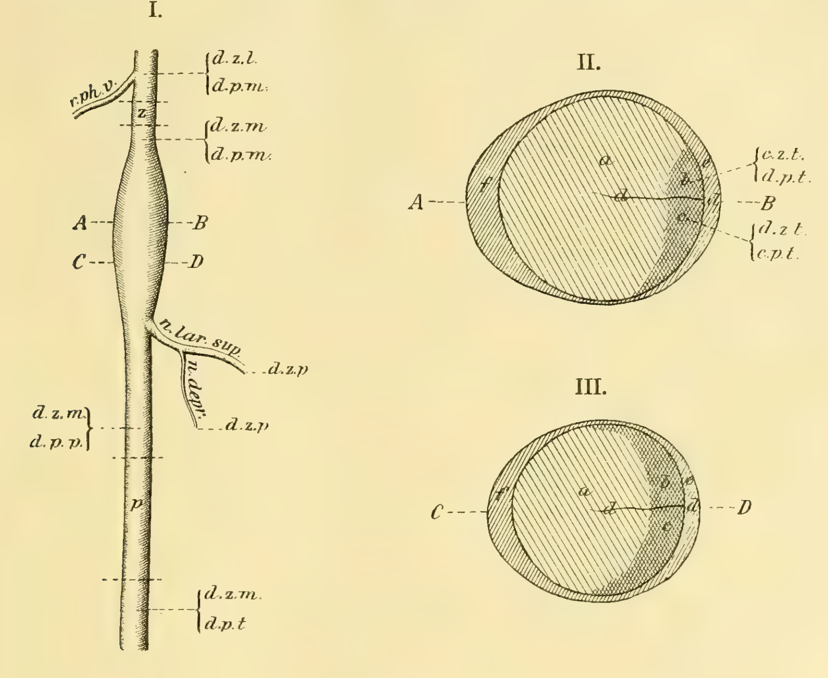


Fig. 1.

Schematische Skizzen: I. N. vagus mit seinen Aesten und seinem Ganglion. *r. ph. v.* Ramus pharyngeus vagi. *n. lar. sup.* N. laryngeus superior. *n. depr.* N. depressor. *z.* centrales, *p.* peripherisches Excisionsstück. *d. z. l.* degenerirt nach centraler Durchschneidung lateral, *p.* nach peripherischer Durchschneidung, oder parietal. *m.* medial. *t.* total. II. und III. Querschnitte durch das Ganglion und zwar II. durch die Mitte bei *A.* — *B.*, III. näher dem Ende bei *C.* — *D.* *a.* Hof der Nervenzellen mit eingestreuten Nervenfasern und Gefässen, *b.* und *c.* Hof der Nervenfasern und zwar *b.* postseptaler, *c.* praeseptaler Theil, *d.* Septum, *e.* und *f.* bindegewebige Hülle mit Gefässen und zwar *e.* dorso-medialer Theil, *f.* ventri-lateraler Theil. *c. z. t.* conservirt nach centraler Durchschneidung total.

letzten Zonen nehmen zusammen einen annähernd kreisförmig begrenzten Raum ein. An der Peripherie derselben ist die Umhüllungsschicht ungleichmässig vertheilt und zwar mit zwei diametral gegenüberliegenden halbmondförmigen Anschwellungen, deren kleinere (*e*) an dem Ganglion *in situ* medial rückwärts, deren grössere (*f*) lateral vorwärts orientirt ist. Die Bestandtheile

dieser Schicht sind lockeres Bindegewebe, mit vielen der Längsaxe des Ganglions parallel laufenden Gefässen, deren Zahl und Umfang in dem lateralen Halbmonde beträchtlich grösser ist, als in dem medialen. Aus der Mitte des medialen Halbmondes erstreckt sich ein bindegewebiges Septum bis gegen die Mitte des Ganglions hinein, die Zone der Nervenfasern in zwei Theile scheidend, einen „praeseptalen“ und einen „postseptalen“. Die Grenze zwischen der Zone der Nervenfasern und derjenigen der Ganglienzellen ist zwar deutlich, aber nirgends durch eine scharfe Linie gekennzeichnet. Zwischen den Ganglienzellen sieht man eine nicht unbeträchtliche Zahl quergeschnittener Nervenfasern und schmale Bindegewebszüge ohne bestimmte typische Anordnung, welche nicht arm an quergeschnittenen Gefässen sind. Die Zone der Nervenfasern ist an den Enden und in der Mitte des Ganglions von verschiedener Mächtigkeit. An den Enden nimmt sie einen halbmondförmigen Raum von etwa einem Drittel des Areals der Ganglienzellenzone ein. Nach der Mitte verschmälert sich der Raum, namentlich auf Kosten des hinter dem Septum gelegenen Theiles.

Excidirt man ein mehrere Millimeter langes Stück des Vagus zwischen Ganglion jugulare und Schädelbasis und wartet die zur Entwickelung der Degeneration erforderliche Zeit ab, so findet man bei der Untersuchung des mit dem Schädel in Verbindung gebliebenen Stumpfes eine starke Atrophie, nur ein geringer Theil medial gelegener Fasern ist erhalten. In dem Nervenstück zwischen Excisionsstelle und Ganglion findet man den grössten Theil der Fasern normal und ein kleines, sich auf dem Querschnitte deutlich abgrenzendes, mediales Faserbündel degenerirt. Im Ganglion selbst sind die zwischen den Nervenzellen befindlichen Nervenfasern theilweise und der „praeseptale“ Faserabschnitt total degenerirt, während die Ganglienzellen selbst, ein Theil der zwischen ihnen befindlichen Nervenfasern und der „postseptale“ Faserabschnitt normales Aussehen zeigen. Im Vagusstamme peripher vom Ganglion ist der grösste Theil der Fasern intact, doch findet sich auf dem Querschnitte eine wenn auch nicht bestimmt abgegrenzte, so doch ziemlich in sich abgeschlossene Zone, welche, medial gelegen, fast ausschliesslich degenerirte Nervenfasern aufweist. Der N. laryngeus sup. ist partiell degenerirt und auch im N. depressor sind nur einige von den wenigen ihn zusammensetzenden Fasern intact.

Der morphologische Befund nach Excision eines 2 ^{cm} langen Stückes aus dem Stamme des N. vagus peripher vom Ganglion ist folgender: Für die makroskopische Betrachtung zeigt sich der Nerv peripher von der Excisionsstelle in der dritten Woche vollkommen grau durchscheinend, gequollen, ohne Fontana'sche Bänderung. Die mikroskopische Untersuchung des passend behandelten Nerven lässt auf dem Querschnitte keine unversehrte Faser erkennen.

Der Nervenstamm central von der Excisionsstelle zeigt an seinem unteren Ende eine kolbige Anschwellung, ein typisches „bout ganglionaire“. In einiger Entfernung von der Schnittstelle zeigt der Nerv zu jeder Zeit ein ziemlich weisses Aussehen. Bei mikroskopischer Untersuchung findet man hier partielle, nicht genau zu localisirende Degeneration. Im Ganglion sind sämmtliche Nervenzellen normal, die zwischen denselben gelegenen Nervenfasern zum Theil degenerirt, der „praeseptale“ Faserantheil ist ganz intact, der „postseptale“ total degenerirt. Auf Querschnitten des Nerven zwischen Ganglion und Hirnbasis findet man eine mediale Zone mit degenerirten Nervenfasern erfüllt.

Ein Versuch, die Steiner'sche Spaltung des Vagus für die systematische Trennung der Faserantheile im Degenerationsbilde zu verwerthen, hat nicht zum Ziele geführt, ist aber wegen des eigenthümlichen Verlaufes immerhin bemerkenswerth. Es wurde die mediale grössere Hälfte peripher vom Ganglion abgespalten und am centralen Ende des Spaltungsschnittes quer durchtrennt. Elektrische Reizung des so isolirten Nervenstückes ergab sicheren Herzstillstand. Nach dieser Prüfung wurde das Stück ganz entfernt. Als die gut verheilte Wunde nach 29 Tagen geöffnet wurde, bot sich folgendes Bild: In dem Theile, wo die partielle Exstirpation stattgefunden hatte, war der Nerv durch ein succulentes Gewebe ersetzt, welches an Volumen den normalen Nerven um das 5- bis 6-fache übertraf und mit der nächsten Umgebung stark verwachsen war. Sowohl peripher von dieser Stelle, wie auch central bis zum Ganglion hin zeigte sich der Nerv vollkommen grau degenerirt. Durch elektrische Reizung des Nerven peripher vom Ganglion, in seiner Continuität, war nirgends mehr eine Wirkung weder auf das Herz noch auf die Athmung zu erzielen. Der Laryngeus sup. war morphologisch und functionell intact. Auch Reizung des Vagus central vom Ganglion ergab den gewöhnlichen Einfluss auf die Athmung.

Wir können nicht umhin, selbst hervorzuheben, dass diese Versuche mehr neue Räthsel als befriedigende Ergebnisse geliefert haben.

Der Punkt, auf welchen es uns hier am meisten ankommen muss, kann allerdings auch durch sie als sichergestellt angesehen werden, dass nämlich ein guter Theil der Nervenfasern, so lange er mit dem Ganglion in Verbindung steht, intact bleibt. Dass dieses die centripetalen Fasern sind, geht aus den Degenerationsversuchen nicht mit Sicherheit hervor. Hier müssen die functionellen Prüfungen Aufklärung geben. Immerhin verdient es Beachtung, dass diese Faserkategorie den lateralen Theil des Nervenquerschnittes einnimmt, wo nach der Loewe'schen Theorie die centripetalen Fasern zu erwarten sind. Loewe[1] hat auf Grund einfacher morphologischer

[1] Ueber die Faserbahnen im peripheren Nervensystem. *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1879. S. 337.

Betrachtungen, das allgemeine Princip aufgestellt, dass in den ventralen Nervenstämmen die aus den hinteren Wurzeln stammenden Fasern überall lateral gelagert sind, und nach den Steiner'schen Spaltungsversuchen am Vagus sind diese Fasern hier ebenfalls lateral zu suchen.

Einfach verständlich ist ebenfalls nach dem Waller'schen Princip, dass nach Excision central vom Ganglion partielle Degeneration im Vagus selbst und peripher vom Ganglion und im Laryngeus sup. eintritt. Namentlich für letzteren war dies mit Sicherheit zu erwarten, da er neben sensiblen auch solche centrifugale Fasern führt, welche mit den motorischen Fasern der vorderen Rückenmarkswurzeln vollkommen in Parallele zu stellen sind. Dass die nach Excision central vom Ganglion degenerirten Nervenfasern im Vagusstamme die mediale Partie des Querschnittes einnehmen, stimmt ebenfalls mit den Ansichten von Loewe und den Versuchen von Steiner überein.

Auffallend ist es dagegen im höchsten Grade, dass nach Excision peripher vom Ganglion der Nerv nicht nur peripher von der Excisionsstelle total degenerirt, sondern dass auch im Nervenstamme zu beiden Seiten des Ganglions partielle Degeneration eintritt und dass sich im Ganglion selbst ein Faserantheil, der postseptale, entartet zeigt. Nach dem Waller'schen Schema ist die totale Degeneration peripher von der Excisionsstelle allerdings zu erwarten. Wenn nun aber central von der Excisionsstelle Fasern, welche noch mit Nervenzellen des Ganglions und des Centralnervensystems im Zusammenhang stehen können, degeneriren, dann sollte man meinen, dass dieses Fasern wären, welche ihr trophisches Centrum peripher von der Excisionsstelle etwa in den Ganglien des Herzens haben. Dann ist es aber wieder nicht einzusehen, warum diese Fasern nicht peripher von der Excisionsstelle erhalten geblieben sind.

Bemerkenswerth ist immerhin, dass diese Faserkategorie in der Mitte des Ganglions strenge localisirt ist. Innerhalb des Ganglions scheinen sich die centrifugalen Fasern, welche sich dem Waller'schen Schema unterordnen, deutlich von denjenigen mit paradoxem Verhalten zu trennen. Der „praeseptale“ Faserantheil, von welchem man wegen seiner Lage medial vorne und wegen der unveränderlichen Grösse seines Querschnittes auf allen Schnitten des Ganglions erwarten kann, dass er dem Ganglion nur angelagert ist und keine Fasern führt, welche mit Nervenzellen des Ganglions in Verbindung treten, zeigt in der That nach centraler Excision totale Degeneration, nach peripherer Excision totale Erhaltung. Einer verständlichen Deutung unzugänglich ist dagegen der „postseptale“ Faserantheil sowohl wegen seiner Grössenänderung im Querschnitt, welche auf Durchtritt seiner Fasern durch den zelligen Antheil des Ganglions schliessen lässt, als auch

wegen seiner Conservation nach centraler und Degeneration nach peripherischer Excision.

Durch diese scheinbaren Widersprüche wird der Gedanke nahe gelegt, wenn er auch auf so unsicherer Grundlage nicht bewiesen werden kann, dass es Nervenfasern giebt, für deren normale Erhaltung zwei getrennte Bedingungen erfüllt sein müssen, einmal ihr Zusammenhang mit einem trophischen Centrum und ausserdem der continuirliche Zufluss functioneller Erregungen.

In diese Kategorie gehören vielleicht auch die von Krause[1] und Joseph[2] an Spinalganglien und Rückenmarksnerven aufgefundenen Fasern, welche sich dem Waller'schen Schema ebenfalls nicht fügen.[3]

Dass in Folge der partiellen Excision nach Steiner'scher Spaltung des Vagus peripher und central von der Operationsstelle totale Degeneration eingetreten war, setzt sich zu den nach dem Schema zu erwartenden Resultaten in keinen besonderen Gegensatz. Es scheint nur daraus hervorzugehen. dass die entzündlichen Processe am Nerven nach partieller Continuitätstrennung einen anderen und wohl weniger gutartigen Verlauf nehmen als nach reinen Excisionen.

II. Functionelles Verhalten.

Prüft man die Leitungsfähigkeit der centrifugalen Fasern des Vagus zu Zeiten, in denen die Degeneration histologisch nachweisbar auf ihrer Höhe steht, so findet man sowohl nach centraler wie peripherischer Excision den mit der Peripherie in Verbindung stehenden Nervenantheil meist völlig unempfindlich gegen elektrische Reize, wie nicht anders zu erwarten ist. Die stärksten Wechselströme des Inductoriums sind meist nicht im Stande, eine Wirkung auf das Herz, den Oesophagus oder den Kehlkopf auszuüben. Für die Beobachtung letzterer Organe genügt die einfache Inspection nach genügender Erweiterung der Wunde und nach Anlegung eines Trachealfensters. Bei vergleichender Reizung des anderseitigen Vagus kann man sich dann ein vollkommen sicheres Urtheil bilden.

---

[1] Ueber aufsteigende und absteigende Nervendegeneration. *Dies Archiv.* 1887. S. 367.

[2] A. a. O.

[3] Nach Abfassung des Manuscripts haben wir noch folgenden Versuch gemacht, dessen Ergebniss wir gelegentlich der Correctur hier einschalten können. Aus dem N. depr. eines Kaninchens wurde in der Mitte des Halses ein 2 ^{cm} langes Stück excidirt. Das Thier wurde nach drei Wochen getödtet. Central von der Excisionsstelle zeigte sich der Nerv, bei der wie gewöhnlich angestellten histologischen Untersuchung, total conservirt, peripher davon total degenerirt.

Zur Controle der Wirkung auf das Herz haben wir uns des Fick'schen Blutwellenschreibers bedient, welcher mittels endständiger Glascanüle mit einer Carotis in Verbindung gesetzt wurde. Bei dieser Prüfungsweise haben wir nun allerdings auch zu Zeiten, in denen auf Grund der histologischen Befunde vollkommene Degeneration der centrifugalen Fasern zu erwarten war, gelegentlich noch deutliche, wenn auch schwache Einwirkungen auf den Herzschlag beobachtet. Es hat aber nicht den Anschein, als ob es sich um die Conservation besonderer Faserarten, deren es ja bezüglich der Wirkung auf das Herz sicher verschiedene im Vagus giebt, handelte. Die Aenderungen, welche zur Beobachtung kamen, waren vielmehr einfach schwache Andeutungen der gewöhnlichen Hemmungswirkung. Nach centraler Excision blieb die Reizung des Laryngeus sup. stets ohne jeden Erfolg auf den Kehlkopf.

Von besonderem Interesse war es nun, den ersten Beginn des Functionsausfalles und den Zeitpunkt der völligen Ausbildung derselben zu erhaschen. Nach den Angaben von Schiff[1] und nach den Erfahrungen der Chirurgen war es ja zu erwarten, dass der Functionsausfall weit früher eintreten und sich vollendet zeigen würde, als es, wenigstens mit den von uns benutzten Methoden gelingt, auf histologischem Wege degenerative Veränderungen im Nerven nachzuweisen. Die von Nasse, Schiff (a. a. O.), Colasanti[2] und Anderen angegebenen frühzeitigen Merkmale beginnender Degeneration an Zupfpraeparaten haben wir nicht controlirt.

24 Stunden nach centraler oder peripherischer Excision zeigt der Vagusstamm am Halse makroskopisch noch ziemlich normales Aussehen, er ist weiss, nicht grau durchscheinend, mit deutlicher Fontana'scher Bänderung. Bei Vergleichung der beiderseitigen Wirkungen auf Herz, Oesophagus und Larynx ist schon ein geringer Unterschied zu Ungunsten der operirten Seite wahrzunehmen. Nach 48 Stunden sind die makroskopisch wahrnehmbaren Veränderungen am Vagusstamme schon sehr deutlich und das Resultat der Functionsprüfung unterscheidet sich meist nicht mehr deutlich von dem, welches man zwei, drei und vier Wochen später erhält. Es scheint, dass wir hier gerade an der Grenze der vollkommenen Ausbildung des Functionsausfalles stehen, denn es kam in der That vor, dass nach 48 Stunden noch einige Wirkungen auf Oesophagus und Kehlkopf zu erhalten waren, nach drei Tagen jedoch nie mehr. Dass die Vollkommenheit des Wirkungsausfalles auf das Herz zu keiner Zeit sicher zu erwarten ist, haben wir schon erwähnt. Einen Unterschied in der Schnelligkeit der Ausbildung des Functionsausfalles, je nachdem die Excision central oder peripher vom Ganglion vorgenommen war, konnten wir nicht constatiren.

---

[1] *Lehrbuch der Physiologie.* 1858. Bd. II. Hft. 2. S. 111 u. ff.

[2] *Dies Archiv.* 1878. S. 206.

Um uns davor zu sichern, dass wir es bei der frühzeitigen Constatirung der Functionsherabsetzung oder des Functionsausfalles nicht mit Schädigungen der Nerven zu thun hatten, welche unabhängig von der Continuitätstrennung durch die Wundreaction bedingt waren, prüften wir den in letzterer Beziehung den gleichen Bedingungen ausgesetzten Halssympathicus, dessen Wirkungsfähigkeit auf die Pupille sich bei Vergleichung mit der anderen Seite stets als normal zeigte.

Auch der Möglichkeit trugen wir Rechnung, dass der frühzeitige Functionsausfall vorübergehend sein und sich dadurch, der Entstehungsursache nach, von dem Functionsausfalle auf der Höhe der Degeneration unterscheidbar zeigen könnte. Wir prüften in Intervallen von acht Tagen und fanden den Functionsausfall vom dritten Tage an bis zur siebenten Woche stets gleich.

Wenn wir hier vom Functionsausfalle an gewissen Nervenfaserkategorien reden, so dürfen wir nicht vergessen, dass wir nicht in der Lage sind, die eigentliche Function der Nervenfaser, welche in der Fortleitung anderweitig entstandener Erregungswellen besteht, zu prüfen. Wo wir Functionsausfall constatirten, handelte es sich um die verringerte oder aufgehobene Fähigkeit der Nervenfasern unter Einwirkung elektrischer Reize Erregungswellen entstehen zu lassen. Dass aber letztere Fähigkeit, welche man die Reizbarkeit des Nerven nennen kann, sich deutlich von der eigentlichen physiologischen Eigenschaft desselben, welche in der Leitungsfähigkeit für Erregungen besteht, sondern lässt, ist wiederholt mit Sicherheit nachgewiesen worden.[1] Es wäre aber immerhin denkbar, dass die Aenderungen der eigentlichen Functionsfähigkeit des Nerven einen anderen zeitlichen Verlauf nehmen, als wir aus unseren Versuchen geschlossen haben, doch haben wir zur Zeit kein Mittel, dies zu prüfen.

Wenden wir uns jetzt zu den Aenderungen, welche an den centripetalen Fasern des Vagus nach Continuitätstrennungen zu beobachten sind.

Hier ist zunächst hervorzuheben, dass wir nach Excisionen peripher vom Ganglion zu keiner Zeit irgend eine Aenderung in der Wirkungsfähigkeit der centripetalen Vagusfasern auf die Athmung beobachten konnten, mochte der Reiz peripher oder central vom Ganglion einwirken und mochte als Kriterium der Wirkungsfähigkeit der Schwellenwerth des Reizes oder das Latenzstadium der Erregung betrachtet werden. Hieraus muss geschlossen werden, dass die auf die Athmung wirkenden centripetalen Vagusfasern entweder im Ganglion oder central von demselben ihr trophisches Centrum besitzen. Dass die erstere Alternative die richtige ist, geht aus folgenden Versuchen mit Sicherheit hervor:

---

[1] Gad, Ueber Trennung von Reizbarkeit und Leitungsfähigkeit des Nerven nach Versuchen des Hrn. Sawyer. *Dies Archiv.* 1888. S. 395.

Um die Functionsfähigkeit der centripetalen Vagusfasern nach ihrer Abtrennung vom Ganglion zu prüfen, kann die sonst stets von uns benutzte Methode der Excision nicht angewandt werden. Dazu sind die räumlichen Verhältnisse doch zu klein. Hat man ein Stück des Vagus unmittelbar central vom Ganglion excidirt, so reicht, selbst wenn die individuell sehr verschiedenen anatomischen Verhältnisse besonders günstig liegen, der mit der Schädelbasis in Verbindung gebliebene Nervenstumpf nicht aus, um ihn auzuschlingen und mit sicherer Localisation elektrisch zu reizen. Es kommt hierbei namentlich auch in Betracht, dass der Ramus pharyngeus vagi in verschiedener Entfernung von der Schädelbasis den Stamm verlässt. Da durch Reizung dieses Nerven ebenfalls Reflexe auf die Athmung zu erhalten sind, der Nerv selbst aber in keiner Beziehung zum Ganglion steht, so muss der prüfende Reiz zwischen Ganglion und Abgangsstelle des Ramus pharyngeus auf den Vagusstamm applicirt werden. Dies ist nur auszuführen, wenn die Continuitätstrennung hart am Ganglion und ohne Beschränkung der Länge des centralen Vagusstumpfes vorgenommen wird. Wir erreichten dies durch Anlegen einer festgeschnürten Ligatur mit einem dünnen Faden am obersten Ende des Ganglions. Diese Art der Continuitätstrennung, welche für die Gewinnung guter Degenerationsbilder sich nicht empfehlen dürfte, that für den vorliegenden Zweck ihre Schuldigkeit, da, wie wir schon gesehen haben, die Prüfung auf den Functionsausfall in den nächsten Tagen nach der Continuitätstrennung angestellt werden kann.

Um die centripetalen Vagusfasern central vom Ganglion, nach ihrer Abtrennung von demselben. durch Ligatur in ihrer Wirkungsfähigkeit auf die Athmung zu prüfen, öffnet man die Wunde, praeparirt den Halsvagus noch ein Stück peripher vom Ganglion, schlingt ihn dort an, durchschneidet ihn peripher von dieser Ligatur und löst ihn durch leichten Zug am Faden von der Unterlage ab. Der Laryngeus sup. wird vor seinem Eintritt in den Kehlkopf ebenfalls angeschlungen und bis zum Vagus freipraeparirt. Dann isolirt man das Ganglion und den Vagusstamm bis zur Schädelbasis. Um den nöthigen Raum für die methodisch sichere Reizung des Vagus in der Tiefe zu gewinnen, muss die Wunde sehr stark dilatirt werden. Da behufs Prüfung der Vaguswirkung auf die Athmung doch eine Canüle in die Trachea gelegt sein muss, so kann man die ganze Pharynxpartie durch einen schwer belasteten Haken stark nach der anderen Seite hinüberziehen lassen. Auf diese Weise erhält man gute Einsicht in die Tiefe der Wunde und man kann sowohl den Ramus pharyngeus vagi als auch den Glossopharyngeus praepariren und beide so anschlingen, dass man ein genügendes Stück für isolirte Reizungen derselben gewinnt. Den Vagus selbst kann man mit dem an ihn gelegten Faden leicht spannen und ihn so in der Tiefe der Wunde für eine örtlich genau beschränkbare Anlage von

Elektroden zugänglich machen. Mit der einen Hand spannt man den Vagus, mit der anderen legt man die in einem isolirenden Halter befindlichen Elektroden jedesmal für die Dauer der Reizung an. Dabei ist es gut, ein kleines gestieltes Schwämmchen zur Hand zu haben, da sich selbst bei Abwesenheit aller Blutungen die Tiefe der Wunde oft schnell mit Gewebsflüssigkeit füllt, welche zur Einengung der Stromschleifen vor jedesmaliger Reizung aufgetupft werden muss.

Nimmt man die Reizprüfung am Tage nach Anbringung der Ligatur vor, so erhält man bei Anlegung der Elektroden unmittelbar central vom Ganglion und unter Vermeidung aller Nebenwirkungen auf den Ramus pharyngeus und N. glossopharyngeus ungefähr die gleiche Einwirkung auf die Athmung, als wenn man auf der anderen Seite gleichzeitig den Halsvagus peripher vom Ganglion und den Laryngeus sup. auf die Elektroden legt. Die aus der Reizung resultirende Athemform ist wechselnd. Im Allgemeinen handelt es sich um Reihen von Schluckathmungen und auch um Vertiefungen der Inspiration gelegentlich bis zum Stillstande im Inspirationstetanus. Als Beweis dafür, dass die Ligatur in Bezug auf die Leitungsunterbrechung ihre Schuldigkeit gethan hat, dient die vollkommene Wirkungslosigkeit von Reizungen des Halsvagus und Laryngeus sup. peripher vom Ganglion.

Am Ende des zweiten Tages tritt die durch Reizung des Vagusstammes central vom Ganglion zu erzielende Wirkung schon sehr deutlich zurück im Vergleich gegen den Erfolg bei Reizung der anderen Seite, wenn sie nicht schon ganz geschwunden ist. Sicher ist dieses der Fall vom dritten Tage an. Es braucht kaum besonders hervorgehoben zu werden, dass die Prüfungen mit verschiedenem Intervall nach der Ligatur an verschiedenen Thieren vorgenommen wurden. Um die vollkommene Functionslosigkeit der durch Ligatur vom Ganglion abgetrennten Fasern zu demonstriren, muss man eine Reihe von Fehlerquellen sorgfältig ausschliessen. Selbstverständlich giebt es Stromstärken, bei welchen man Wirkungen auf die Athmung erhält, dabei handelt es sich meistens nachweislich um unipolare Abgleichungen durch das Thier zur Erde. Obgleich wir diese durch den bekannten Engelmann'schen Kunstgriff der gutleitenden Ableitung der centralen Elektrode zur Erde nach Möglichkeit verringerten, so bleibt ein Rest davon bei sehr starken Strömen doch bestehen. Dass sie an der Wirkung in der That unbetheiligt sind, kann man nur dann mit Sicherheit behaupten, wenn nach alleiniger Anlegung der zur Erde abgeleiteten Elektrode jeder Erfolg ausbleibt. Stromstärken, welche bei dieser Art der Anlegung der Elektrode an den Nerven einen Erfolg geben, sind unter allen Umständen bei den Versuchen zu verwerfen. Zwischen den Stromstärken, welche bei Prüfungen der anderen Seite maximalen Erfolg geben und den-

jenigen, welche wegen Einmischung unipolarer Abgleichungen auszuschliessen sind, bleibt dann aber noch ein grosses Intervall von Stromstärken, welche bei Anlegung der Elektroden zwischen der Ligatur und dem Ramus pharyngeus ganz unwirksam sind. Bei Reizung des Vagusstammes näher an der Schädelbasis kann man allerdings Erfolge zu sehen bekommen, von denen man aber zeigen kann, dass sie der Erregung von Fasern des Ramus pharyngeus oder des Glossopharyngeus ihren Ursprung verdanken. Sie sind von anderem Typus als diejenigen, welche man sonst bei Reizung des Vagusstammes incl. Laryngeus sup. erhält und von gleichem Typus mit denen, welche die directe Reizung der genannten Nerven ergiebt.

Als wesentliches Ergebniss der Functionsprüfungen können wir hinstellen, dass von den centrifugalen Vagusfasern nach Continuitätstrennungen sowohl peripher als auch central vom Ganglion die Verbindungen zum Oesophagus und Larynx total, diejenigen zum Herzen zum allergrössten Theile am dritten Tage ihre Reizbarkeit eingebüsst haben und zwar letztere in demselben Maasse, wie es auf der Höhe der Degeneration der Fall ist. Es gilt also auch für den Vagus, einschliesslich des Laryng. sup., dass die meisten seiner centrifugalen Fasern central vom Ganglion ihren Ernährungsherd besitzen. Umgekehrt haben wir gesehen, dass der grösste Theil der centripetalen Vagusfasern d. h. alle diejenigen, welche zur Athmung in Beziehung stehen, nach Excisionen peripher vom Ganglion unveränderte Wirksamkeit zeigen, nach der Ligatur am centralen Ende des Ganglions dagegen functionslos werden. Diese centripetalen Fasern sind also auch beim Vagus in Bezug auf ihre Ernährung auf die Verbindung mit dem Ganglion angewiesen und diese Verbindung genügt für dieselben.

Auf dieses, die centripetalen Fasern betreffende Ergebniss legen wir besonderes Gewicht, weil es in vollkommener Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der histologischen Prüfung der Degeneration steht und weil es uns so die sichere Grundlage für die weitere Untersuchung der Art des Zusammenhanges derjenigen Fasern mit dem Ganglion bietet, welche trophisch von ihm abhängig sind.

Ehe wir auf die Darstellung unserer nach dieser Richtung hin angestellten Versuche eingehen, müssen wir der oben erwähnten Arbeit von Pregaldino (a. a. O.) unsere Aufmerksamkeit zuwenden, in welcher ähnliche Ziele verfolgt sind, wie sie uns bei der Behandlung des vorstehenden Capitels vorgeschwebt haben. Um die Frage zu entscheiden, ob alle centripetalen Nervenfasern in den Spinalganglien mit Nervenzellen in Verbindung stehen, löste er ohne Continuitätstrennung der Nerven ein oder mehrere Spinalganglien mit den hinteren Wurzeln von den umgebenden Geweben und zwar bei Fröschen und Hunden. Auf diese Weise glaubte er jede Blutcirculation in den Ganglien ausgeschaltet zu haben, da er den durch die Nerven

zu- und ablaufenden Gefässen keine Bedeutung beimisst. Die hiernach erwartete Degeneration sollte durch die Abschwächung der Reizwirkung von Inductionsströmen gemessen werden, da die Erregungswellen in diesen Organen einen wesentlichen Widerstand zu überwinden haben würden. In der That giebt Verf. auch an, solche Erfolge beobachtet zu haben, doch fehlt in seiner Mittheilung leider jede Andeutung über die Art der, als Kriterien der Erregbarkeit, benutzten Reflexe. Die Zeit, innerhalb welcher die Erfolge beobachtet wurden, war beim Warm- und Kaltblüter verschieden, beim Frosche hält die Erregbarkeit noch 40 bis 60, beim Hunde 16 bis 20 Stunden an. Aus der schon nach Verlauf einiger Stunden constatirten Veränderung des Erfolges elektrischer Reizung schliesst Verf. ohne eine histologische Controle, dass die Zellen degenerirt sind und dass in jede centripetale Nervenfaser eine Ganglienzelle eingeschaltet ist. Würde ein Theil der Fasern direct durch das Ganglion hindurchgehen, so müssten selbst nach Degeneration der Zellen die centripetalen Nerven doch noch Reflexbewegungen auslösen, was nie der Fall war.

Das eine Bedenken, welches uns bei Entwerfen des Versuchsplanes von der Benutzung der eigentlichen Spinalganglien abgehalten hatte, die Unsicherheit der für die Prüfung zu benutzenden Reflexe ist durch die Arbeit von Pregaldino nicht verringert worden. Die andere Schwierigkeit, welche die Enge der anatomischen Verhältnisse betrifft, scheint auf den ersten Blick von dem genannten Forscher durch die einfache Loslösung von dem umgebenden Gewebe glücklich umgangen zu sein, vorausgesetzt, dass es ihm dadurch wirklich gelungen sein sollte, die Blutcirculation in den Spinalganglien zu unterdrücken oder auch nur erheblich herabzusetzen. Wir haben uns aber durch eigene Untersuchungen an den Spinalganglien des zweiten Cervicalnerven bei der Katze durch Schnittserien davon überzeugt, dass die zahlreichen, auf jedem Querschnitt des Ganglions sowohl in der bindegewebigen Kapsel desselben, als auch zwischen den Nervenzellen anzutreffenden quergeschnittenen Gefässe, wenigstens zum grossen Theile durch Nervenwurzeln und Nervenstamm zugeführt werden, dass ihre Ausschaltung vom Ganglion also nur durch Continuitätstrennung der Nerven selbst zu bewerkstelligen ist. Ganz ähnlich lagen die histologischen Verhältnisse beim N. vagus und seinem Ganglion, wenn auch hier vielleicht noch mehr wie bei den eigentlichen Spinalganglien bindegewebige Blätter, von denen das eine von der medialen, das andere von der lateralen Seite zum Ganglion hinzutritt, an der Vascularisation des Ganglions sich betheiligen. Darnach sollte man erwarten, dass es, wenn überhaupt, so ganz besonders an unserem Ganglion gelingen sollte, durch Loslösung desselben von der Umgebung ohne Continuitätstrennung des Nerven eine Schädigung des Ganglions zu erzielen. Wir haben nach Kennt-

nissnahme von der Arbeit Pregaldino's wiederholt hierzu den Versuch gemacht. Aber weder nach einfacher Loslösung des Ganglions aus seiner Umgebung, noch auch nach Isolirung desselben mittels umgelegter Kautschukstreifchen gelang es, nach der entsprechenden Zeit irgend eine Aenderung in der hier so leicht und sicher zu prüfenden Functionsfähigkeit der centripetalen Nervenfasern nachzuweisen. Merkwürdigerweise hatten nur gerade die centrifugalen Fasern in einem Falle etwas in ihrer Reizbarkeit eingebüsst.

Wenn wir bei unserer Untersuchung zu wesentlich gleichen Resultaten wie Pregaldino gelangt sind, so haben wir zwar keinen Grund, uns zu ihm in Widerspruch zu setzen, müssen unsere persönliche Ueberzeugung von dem Sachverhalt aber doch wesentlich auf unsere eigenen Beobachtungen gründen.

III. Leitungszeit centripetaler Erregungswellen im Ganglion jugulare des N. vagus.

Nachdem wir uns durch die Ergebnisse der Untersuchungen der beiden vorangehenden Capitel und namentlich des letzteren derselben von der thatsächlichen Existenz naher Beziehungen der centripetalen Vagusfasern zu dem Ganglion überzeugt hatten, versprach es einigen Erfolg mit zeitmessenden Methoden der Frage nach der Art der vorhandenen Verknüpfung näher zu treten. Dass diese Faserkategorie ihre trophische Abhängigkeit von dem Ganglion besonderen Beziehungen zu Nervenzellen des letzteren verdankt, muss ohne weiteres einleuchten.

Apolare Nervenzellen, d. h. solche, von denen weder in centripetaler noch in centrifugaler Richtung Nervenfasern ausgehen, werden wohl von keinem Histologen mehr angenommen. Das von G. Fritsch in seiner Arbeit über „einige bemerkenswerthe Elemente des Centralnervensystems des Lophius piscatorius L.“[1] ausgesprochene Urtheil wird von morphologischer und dasjenige Fick's in seinem „*Compendium der Physiologie*“[2] vom physiologischen Standpunkte aus als endgültig zu betrachten sein. Weniger sicher kann man auf allgemeine Anerkennung der Abwesenheit unipolarer Ganglienzellen rechnen. *A priori* lässt sich auch nicht die Möglichkeit in Abrede stellen, dass Nervenzellen, die nur nach einer Richtung hin mit einer erregungsleitenden Nervenbahn verbunden sind, einen trophischen Einfluss auf die Nervenfasern ausüben könnten, welche, ohne in directe er-

---

[1] *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. XXVII. S. 13.

[2] 3. Aufl. Wien 1882. S. 87.

regungsleitende Verbindung mit ihnen zu treten, ihren Verlauf zwischen ihren Anhäufungen hindurch nehmen. Solche Zellen könnten unter dem Einflusse der ihnen auf einer Nervenbahn zugeleiteten Erregung Stoffwechselproducte liefern, welche den unmittelbar vorbeiziehenden Nervenfasern für ihre Ernährung zu Gute kämen. Nach dieser vom allgemein physiologischen Standpunkte aus nicht ohne Weiteres von der Hand zu weisenden Anschauung könnten die centripetalen Nervenfasern das Ganglions durchlaufen, ohne mit Nervenzellen desselben in erregungsleitende Verbindung gesetzt zu sein und sie könnten doch ihre trophischen Beziehungen zum Ganglion unipolaren Nervenzellen verdanken, kraft der unmittelbaren räumlichen Zwischenlagerung zwischen dieselben.

Eine andere Möglichkeit wäre die schon in der Einleitung angedeutete, dass bei einer **T**-förmigen Verbindung der centripetalen Nervenfasern mit Ganglienzellen, die der Function dienenden Erregungswellen bei dem Seitenstücke des **T** und somit auch bei der endständigen Ganglienzelle desselben vorbeiliefen, während die der Trophik dienenden Erregungswellen von der Ganglienzelle durch das Seitenstück und von da in divergirender Richtung sich fortpflanzten. Dass Erregungen in Nervenzellen selbst entstehen können, unter dem Einflusse einer gewissen Beschaffenheit der dieselben umspülenden Gewebsflüssigkeit, ist eine Vorstellung, welche uns an der Hand gut constatirter Thatsachen auf dem Gebiete der Athmungsinnervation ganz geläufig geworden ist.

Es ist aber zu erwarten, dass zeitmessende Versuche über die Berechtigung zur Annahme der vorangestellten Möglichkeiten eine Entscheidung bringen werden.

Wenn die Zeit, welche auf den Durchgang der Erregung durch das Ganglion entfällt, erheblich länger ist, als die bekannte Leitungszeit durch ein gleich langes Stück gewöhnlicher Nervenfaser, so können wir nicht umhin anzunehmen, dass im Ganglion Schaltstücke eigener Art in dem Verlaufe der Nervenfasern selbst angebracht sind. Die einzigen histologischen Elemente der Ganglien, welche als solche Schaltstücke aufgefasst werden können, sind die Nervenzellen. Die Verhältnisse liegen hier noch einfacher wie im Centralnervensystem, wo man ja ebenfalls die Uebertragungszeit von Erregungen vielfach zum Nachweis besonderer in den Verlauf der einfachen Leitungsbahnen eingeschalteter Glieder benutzt hat, wo aber die Verzögerung von Erregungsleitung nicht nur auf Nervenzellen, sondern auch auf das Gerlach'sche Fasernetz bezogen werden kann.

In der That ist ja auch schon wiederholt der Versuch gemacht worden. aus der Zeit, welche auf den Durchgang von Erregungen durch Spinalganglien entfällt, ein Urtheil über die Beziehungen von Nervenfaser zu Nervenzelle im Ganglion zu gewinnen. Leider führen so oft in der Phy-

siologie die gescheutesten Versuchspläne nicht zum erstrebten Ziele. Sigm. Exner,[1] welcher die von absteigenden Erregungswellen in den einzelnen Theilen des Centralnervensystems des Frosches erlittenen Verzögerungen mit Erfolg studirt und die Verzögerung beim Uebergang aus dem Rückenmark in die vorderen Wurzeln des Ischiadicus zu etwa 0·007 Secunden gefunden hatte, stellte sich auch die Aufgabe, die Zeit zu bestimmen, welche die aufsteigenden Erregungswellen für den Durchgang durch die Spinalganglien des Frosches gebrauchen. Es lag hierüber zwar schon eine Untersuchung von Wundt vor, nach welcher diese Zeit vom genannten Forscher zu 0·003 Secunden angegeben worden war, doch hegte Exner wegen der Complicirtheit der Versuchsbedingungen Zweifel an der Zuverlässigkeit des Resultates. Statt, wie Wundt es gethan hatte, die Reflexzeit bei Querleitungen durch das Rückenmark, einerseits auf Erregung des N. ischiadicus, andererseits auf Erregung der Wurzeln zu bestimmen, machte er sich von den Complicationen, welche das Centralnervensystem bei seiner Einschaltung zwischen Reiz und Reaction nothwendig hinzubringen muss, frei, indem er das Versuchsobject auf Ischiadicus, Spinalganglion und hintere Wurzeln beschränkte und als Reactionsmoment das Eintreffen der negativen Stromschwankung in den hinteren Wurzeln nach Reizung des N. ischiadicus wählte. Zur Bestimmung des Reactionsmomentes diente das Bernstein'sche Differential-Rheotom, welches von seinem Erfinder ja schon mit Erfolg zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Stromschwankung im Nerven benutzt worden war. Als Exner die Zeit maass, welche zwischen der Reizung und dem Eintritt der negativen Schwankung in die zum Galvanometer abgeleitete Wurzel verging und als er aus dieser Zeit die Nervenleitungsgeschwindigkeit wie für einen peripherischen Nerven berechnete, so erhielt er Zahlen, welche innerhalb der von Bernstein für diese Geschwindigkeit im peripherischen Nerven gefundenen Werthe lagen. Da Exner den Verdacht, dass möglicher Weise nur ein Theil A der sensiblen Fasern in Ganglienzellen übergehe, ein anderer Theil B ohne Weiteres durch das Ganglion hindurchtrete, und dass nur die negative Schwankung dieses letzteren Theiles beobachtet, die etwa verzögerte des Theiles A aber übersehen worden sei, durch sorgsame Controlversuche von der Hand weisen konnte, wenigstens soweit es die zur Verfügung stehenden Untersuchungsmethoden gestatteten, so kam er zu dem Schlusse, dass im Ganglion keine Verzögerung der Leitung stattfinde. Ein Bedenken, welchem Rechnung zu tragen damals kaum Mittel vorhanden waren, blieb allerdings bestehen. Die Untersuchung mit Bernstein's Differentialrheotom beruht auf einem Multiplicationsverfahren, dessen Berechtigung nur unter

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. VIII. S. 532.

der Voraussetzung anerkannt werden kann, dass jeder einzelne der successiv ausgelösten Vorgänge ganz in gleicher Weise abläuft. Es wäre möglich, dass jede folgende Erregungswelle schneller durch das Ganglion hindurchginge als die vorhergehende. Eine Wiederholung der Versuche Exner's mit Einzelreizen wäre deshalb erwünscht und die Empfindlichkeit der Bussolen ist inzwischen ja auch so gesteigert worden, dass man mit einiger Aussicht auf Erfolg an solche Versuche herantreten könnte.

Unsere eigenen zeitmessenden Versuche am N. vagus uud seinem Ganglion haben wir in folgender Weise ausgeführt:

Als Reaction, deren Eintrittszeit wir bestimmten, diente die durch Vagusreizung zu erzielende reflectorische Beeinflussung der Athembewegung. Die einzige Bedingung, welche in unseren Versuchen variirt werden sollte, war die Applicationsstelle des Reizes, einmal central und einmal peripher vom Ganglion. Da in dem Vagusstamme zwischen Ganglion und Schädelbasis die Fasern des Laryngeus sup. mit enthalten sind, welche unmittelbar peripher vom Ganglion den Vagus verlassen, so musste ein für alle Male der Laryngeus sup. in genügender Länge praeparirt, an einen Faden angeschlungen und bei Reizung peripher vom Ganglion mit auf das Elektrodenpaar gelegt werden. Der Vagusstamm selbst wurde in der Mitte des Halses durchschnitten, dort angeschlungen und mit seinem Ganglion in oben beschriebener Weise bis zur Schädelbasis praeparirt. Für genügende Dilatation und Reinhaltung der Wunde wurde gesorgt und in der Tiefe derselben wurden auch der R. pharyngeus und der N. glossopharyngeus praeparirt.

Zur graphischen Registrirung der Athembewegungen bedienten wir uns entweder des Athemvolumschreibers von Gad oder einer Marey'schen Kapsel. Letztere ist etwas compendiöser und liefert grössere Ausschläge, bedarf aber grösserer Sorgfalt in der Handhabung. In den vom Volumschreiber gelieferten Curven setzten sich übrigens ebenfalls die reflectorischen Aenderungen genügend scharf ab, um eine genaue Bestimmung des Momentes der Reaction zu gestatten.

Um die äusseren Bedingungen für den jeweiligen Zustand des Centrums bei den einzelnen Prüfungen möglichst gleich zu haben, schlugen wir ein zweifaches Verfahren ein. In einigen Versuchsreihen versetzten wir das Thier vor jeder Prüfung möglichst in denselben Zustand von Apnoe. Der zur künstlichen Ventilation der Lungen benutzte Blasebalg wurde mit der Hand nach dem Schlage des Metronoms bewegt. Für Gleichmässigkeit der einzelnen Lufteinblasungen war durch zweckmässige Anschläge des Blasebalggriffes gesorgt. Nachdem die künstliche Respiration während einer ein für alle Male gleichen Anzahl von Metronomschlägen unterhalten worden war, wurde auch auf die, der Auslösung des Reizes vorangehenden Manipulationen

stets die gleiche Zeit verwendet, sodass die Reizauslösung in allen Versuchen durch die gleiche Zahl von Metronomschlägen von der letzten Einblasung entfernt war. Die Thiere befanden sich stets in Chloralschlaf und zwar waren $^1/_2$ bis $^3/_4$ ^{grm} vor Beginn der Operation subcutan injicirt.

Die Reize, welche stets gegen Abklingen der Apnoe einwirkten, hatten, meistens bei solchen Stromstärken einen Erfolg, welche Fehler durch Stromschleifen und unipolare Abgleichungen auszuschliessen gestatteten. Es kam uns hierbei zu statten, dass der Nerv bei Reizung central vom Ganglion, wo die Gefahr der genannten Fehlerquellen am grössten ist, oft schon bei grösserem Rollenabstande ansprach als bei Reizung peripher vom Ganglion. Um die Gefahr der unipolaren Abgleichungen ein für alle Male so klein als möglich zu machen, war die der Schädelbasis zunächst anzulegende Elektrode in gut leitende Verbindung zur Erde gesetzt. War der Rollenabstand aufgefunden, bei welchem auf Reizung peripher vom Ganglion ein für den vorliegenden Zweck genügender Ausschlag erfolgte, so wurde zunächst der gleiche Erfolg bei bipolarer Anlegung der Elektroden central vom Ganglion constatirt, zu den zeitmessenden Versuchen aber nur dann geschritten, wenn bei diesem Rollenabstande die alleinige Anlegung der abgeleiteten Elektrode central vom Ganglion keinerlei Wirkung auf die Athmung hatte. Bei den zeitmessenden Versuchen selbst wurde dann meistens für Reizung peripher und central vom Ganglion diese ausprobirte Stromstärke benutzt, gelegentlich wurde aber auch von dem Vortheile Gebrauch gemacht, dass für die Reizung central vom Ganglion eine geringere Stromstärke ausreichte.

Stromschleifen auf den Glossopharyngeus konnten mit ziemlicher Sicherheit dadurch vermieden werden, dass der bis zur Schädelbasis freipraeparirte Nerv ausgerissen wurde. Selbst Aufsetzen der Elektroden unmittelbar neben die Stelle wo der Nerv entfernt war, blieb dann bei den in Anwendung gezogenen Stromstärken ohne jeden Erfolg. Scheinbar schwieriger liegt die Sache bei dem R. pharyngeus vagi. Freilich senken sich seine Fasern meistens in solcher Entfernung von dem Ganglion in den Vagusstamm ein, dass bei Anlegung der Elektroden unmittelbar central vom Ganglion die Ausbreitung wirksamer Stromschleifen nur zu fürchten wäre, wenn seine Erregbarkeit erheblich grösser wäre als die des Vagusstammes. Dieses ist nun aber in Bezug auf die Athemreflexe sicher nicht der Fall, denn, um von ihm aus Wirkung auf die Athmung zu erhalten, muss man, bei directer Application der Elektroden an den freipraeparirten dünnen Nerven selbst, mindestens so grosse Stromstärken anwenden, wie bei Application der Elektroden an den Vagusstamm zur Erzielung einer Wirkung auf die Athmung erforderlich ist. Die Stromdichte, mit welcher etwaige Stromschleifen zu den in den Vagusstamm eingetretenen Fasern des Ramus pharyngeus ge-

langen können, muss *ceteris paribus* sehr viel kleiner sein als bei directer Application der Elektroden an den kleinen Nerven selbst.

Uebrigens haben wir es nicht versäumt, in Fällen besonderer Wirkungsfähigkeit des Glossopharyngeus oder des R. pharyngeus vagi auch die Reactionszeit für directe Reizung dieser Nerven mit Stromdichten, welche den bei Stromschleifen zu erwartenden, weit überlegen waren, zu bestimmen. Da die Reactionszeiten selbst in diesen für unsere Zwecke scheinbar ungünstigen Fällen grösser ausfielen als die entsprechenden Zeiten bei Reizung des Vagusstammes peripher vom Ganglion, so können wir Fehler durch Stromschleifen auf die genannten Nerven mit Sicherheit als ausgeschlossen betrachten.

Ausser durch Zuhülfenahme der Apnoe haben wir auch so operirt, dass wir das Thier spontan athmen und den Reiz in möglichst gleichen Athemphasen einwirken liessen. Es erfordert dies einen höheren Grad von Geschicklichkeit, war aber doch mit ziemlicher Praecision zu erreichen, da die Athmung unter der Chloralwirkung stets recht beträchtlich verlangsamt und sehr gleichmässig war. Es ist ja im Allgemeinen zu erwarten, dass die Erregbarkeit des Athemcentrums in den verschiedenen Athemphasen verschieden sein wird. Streng vergleichbar sind also nur zwei Reactionszeiten, wenn sie genau dieselbe Athemphase betreffen. Wir haben deshalb der absichtlichen oder unabsichtlichen Variirung des Reizmomentes in Bezug auf die Athemphase durch entsprechende Rubrizirung, in der sämmtliche Zeitbestimmungen enthaltenden Tabelle Rechnung getragen.

Der Reizerfolg war bei den einzelnen Thieren, selbst bei Anwendung derselben Methoden, meist der Intensität nach und gelegentlich auch in Bezug auf den Typus verschieden. Bei demselben Thiere zeigte sich jedoch nach Reizung peripher und central vom Ganglion der Art nach stets der gleiche Erfolg, welcher an Intensität bei Reizung peripher vom Ganglion meist etwas geringer ausfiel, jedoch nicht um so viel, dass die Genauigkeit der Zeitmessung gestört worden wäre. Bei den Apnoeversuchen markirt sich der Reactionsmoment in eindeutiger Weise durch die Abhebung der Curve der ersten Athembewegung aus der horizontalen Apnoelinie. Die durch den Reiz ausgelöste Athembewegung war bei den meisten Thieren eine Inspiration, was insofern bemerkenswerth ist, als der Laryngeus sup. absichtlich der Reizwirkung mit ausgesetzt wurde. Bei einem Thiere trat von Anfang an Exspiration ein und es zeigte sich nachher, dass das Thier an einem heftigen Trachealkatarrh litt. Bei einem anderen Thiere schlug die anfänglich inspiratorische Wirkung in die exspiratorische um. Gelegentlich war auch die Reizung während der Apnoe erfolglos und wir mussten dann zur Reizung während der spontanen Athmung übergehen.

Bei den Versuchen mit spontaner Athmung des Thieres liessen wir

den Reiz meistens auf der Höhe der im Chloralschlaf lang gestreckten Exspiration einwirken. Als Reizeffect markirte sich dann in der Curve eine vorzeitige inspiratorische Senkung, deren Bedeutung als Reizeffect sich durch Vergleich mit den unmittelbar vorher gezeichneten, sehr regelmässigen Athemcurven sicher constatiren liess. Gelegentlich haben wir absichtlich und mitunter natürlich auch unabsichtlich in anderen Athemphasen gereizt, auch in diesen Fällen liess sich durch Vergleichung mit den vorhergehenden Athemcurven der Reactionsmoment meist sehr sicher feststellen. Fiel der Reizmoment in den Anfang der Inspiration, so wurde die begonnene Inspirationsbewegung beschleunigt, gegen das Ende der Inspiration zeigte sich Verfrühung des Eintrittes der Exspiration. Eine begonnene Exspiration wurde unterbrochen und schlug in Inspiration um.

Um den Beginn des Reizes zu markiren, verfuhren wir in folgender Weise: Da wir bei Anwendung einzelner Inductionsschläge oder kurzdauernder Stromschlüsse Stromstärken hätten benutzen müssen, mit welchen ein sauberes Arbeiten auf dem engen Versuchsfelde nicht möglich gewesen wäre, sahen wir uns auf tetanisirende Wechselströme des du Bois-Reymond'schen Schlitteninductoriums angewiesen. Die zu messenden Zeitgrössen sind so beträchtlich und die unbeabsichtigte Ausbreitung der Reizströme auf leichter erregbare Gebilde liess sich bei den angewandten Stromstärken mit solcher Sicherheit ausschliessen, dass Fehler durch Summation unterminimaler Reize das schliessliche Ergebniss wenig zu bedrohen schienen. Hierüber später Ausführliches. Der Wagner'sche Hammer am du Bois-Reymond'schen Schlitteninductorium wurde nun so fein eingestellt, dass er sofort bei Schluss des primären Stromkreises zu spielen begann. In diesen primären Stromkreis war der Kronecker-Pfeil'sche Chronograph mit aufgenommen, so dass seine Feder synchron mit dem Wagner'schen Hammer schwingen musste. Die erste Abweichung der Feder aus der Ruhelage entspricht dem Moment des Stromschlusses in dem primären Kreise durch den mit der Hand bewegten Schlüssel, die erste darauf folgende Rückkehr dem Moment der ersten Stromesöffnung durch den in Schwingung gerathenen Hammer u. s. f. Es kann bei nicht genügend feiner Stellung des Hammers vorkommen, dass die Feder des Chronographen nach der ersten Ablenkung eine kurze Zeit abgelenkt bleibt, dann ist der Wagner'sche Hammer nicht sofort bei Schluss des primären Kreises in Schwingung gerathen.

Die Zeitschreibung besorgte ein Signal Deprez neuerer Construction von Verdin, welches mit einer König'schen elektromagnetischen Stimmgabel von 100 ganzen Schwingungen in der Secunde verbunden war.

Der Verlauf eines einzelnen Versuches gestaltete sich folgendermaassen: Der eine von uns übernahm die jedesmalige Anlegung der in einem iso-

lirenden Handgriff befestigten dünnen Platinelektroden von etwa $^3/_4$ mm Abstand, welche mit grosser Sorgfalt, namentlich bei centraler Reizung, in der Tiefe der dilatirten und gut gereinigten Wunde vorgenommen werden musste. Dem anderen fielen die zahlreichen in richtiger Zeitfolge auszuführenden technischen Manipulationen anheim.

Fig. 2 stellt die Anordnung für die Apnoeversuche dar. In Bezug auf den primären Stromkreis mit Schlüssel, Element, Chronographen und Wagner'schem Hammer, sowie in Bezug auf die Vorrichtung zur Zeitschreibung (König'sche Stimmgabel, Signal Deprez und Element) wird auf das Vorstehende verwiesen.

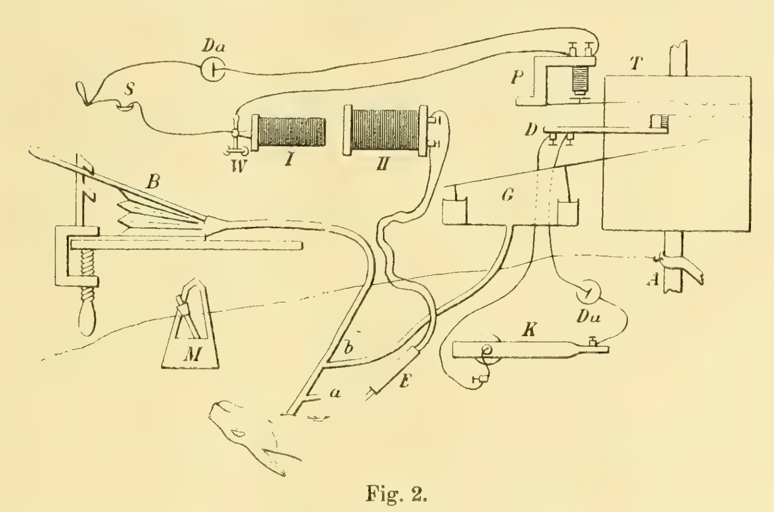


Fig. 2.

Schematische Darstellung der Versuchsanordnung. Kreis der primären Spirale: *I.* Primäre Spirale, *W.* Wagner'scher Hammer des du Bois-Reymond'schen Schlitteninductoriums, *S.* Schlüssel, *Da.* ein Daniell'sches Element, *P.* Pfeil's Chronograph als Reizmarkirer. Kreis der secundären Spirale: *II.* secundäre Spirale, *E.* Elektrodenhalter. Zeitschreibekreis: *K.* König's elektromagnetische Stimmgabel, *Da.* ein Daniell'sches Element. *D.* Sginal Deprez. Thierkreis: *B.* Blasebalg, *b.* verschlossen bei künstlicher Respiration, *a.* verschlossen während der Athemschreibung, *G.* Gad's Athemschreiber, *T.* Kymographiontrommel, *A.* Arretirung derselben, *M.* Metronom. Die Richtung der Trommeldrehung ist in der Skizze umgekehrt angenommen als sie bei den Versuchen stattgefunden hat.

Von dem an die Tischplatte fest angezwängten Blasebalg ging eine Leitung zur Trachealcanüle des Kaninchens, welche sich zweimal gabelte, einmal bei *b* behufs Verbindung mit dem Athemvolumschreiber und dann dicht an der Trachea bei *a* zur Herstellung der für die Ventilation nothwendigen Seitenöffnung. Nachdem der eine Experimentator (*A*) die mit der secundären Spirale des Schlitteninductoriums verbundenen Elektroden

mit der einen, die Fäden des Vagus und Laryngeus sup. mit der anderen Hand ergriffen hatte, schloss der zweite (*B*) durch Fingerdruck das zum Volumschreiber gehende Seitenrohr und führte nach dem Schlage des Metronoms laut zählend 100, durch die Anschläge des Blasebalggriffes dem Umfange nach bestimmte Einblasungen aus. Bei Annäherung an die Zahl 100 legte *A* sorgfältigst die Elektroden an den leicht durch die Luft gespannten Nerven an. Mit dem Schlage 100 liess *B* das Seitenrohr (*b*) los und schloss das Rohr (*a*), darauf setzte er, durch Zug an einem Faden, die Arretirung lösend, die Kymographiontrommel in Rotation, bei alle dem die Metronomschläge weiter zählend. Bei Schlag 10 erfolgte Schluss des Schlüssels und nach erfolgter Reaction Sistirung des Trommellaufes. Damit war ein Versuch beendet.

Einfacher in der Anordnung, aber schwieriger in der Ausführung ist die Methode, bei welcher der Reiz nicht während des apnoischen Zustandes des Thieres, sondern während spontaner Athmung ausgeübt wurde. In Bezug auf die Versuchsanordnung ist nur zu bemerken, dass der Blasebalg mit seiner Leitung zur Trachea, die Seitenöffnung nächst der Trachealcanüle und der Gebrauch des Metronoms fortfielen, dass dagegen zwischen das Thier und den Athemvolumschreiber eine geräumige Flasche als Vorlage eingeschaltet wurde zur Verhinderung der Dyspnoe des Thieres. Die Ausführung des Versuches geschah in der Weise, dass der Experimentator *A*, nachdem er die Elektroden in beabsichtigter Weise angelegt hatte, ein Avertissement gab, in Folge dessen *B* die Trommel in Umlauf setzte und unter genauer Beachtung der sich aufzeichnenden Athemcurven während des Ablaufes der zweiten oder dritten derselben, möglichst genau in dem beabsichtigten Momente des einzelnen Athemverlaufes, durch Stromschluss den Reiz ertheilte.

Zur Veranschaulichung des bei den Versuchen gewonnenen Curvenmaterials ist in Fig. 3 ein zusammengehöriges Versuchspaar mit Reizung in Apnoe und in Fig. 4 ein solches mit Reizung bei spontaner Athmung naturgetreu abgebildet.

In Fig. 3 gehören die oberen drei Curven dem Versuche bei centraler, die unteren drei Curven dem darauffolgenden Versuche bei peripherischer Reizung an. Die Linie *b a* jeder Gruppe ist die während der Apnoe durch den Athemvolumschreiber gezogene Horizontale, bei *a* beginnt die Reaction in Folge des bei *e* der obersten, dem Pfeil'schen Chronographen angehörigen Curve begonnenen Reizes. Die mittelste Curve jeder Gruppe ist die Stimmgabelcurve. *h* ist die Projection des Reactionsmomentes auf die Stimmgabelcurve. Bei der entsprechenden Projection des Reizmomentes musste der Anfangsverschiebung des Reizschreibers gegen den Reactionsschreiber Rechnung getragen werden. Der mit Rücksicht hierauf gewonnene re-

ducirte Punkt des Reizmomentes ist *f*. Er ist so construirt, dass *ef* = *dc* gemacht wurde. *d* ist die Anfangsstellnng des Reizschreibers und *c* ist die Projection der Anfangsstellung des Reactionsschreibers *b* auf die Abscisse des Reizschreibers. *g* ist die Projection des reducirten Reizmomentes auf die Stimmgabelcurve und *gh* misst die Zeit zwischen Reiz und Reaction.

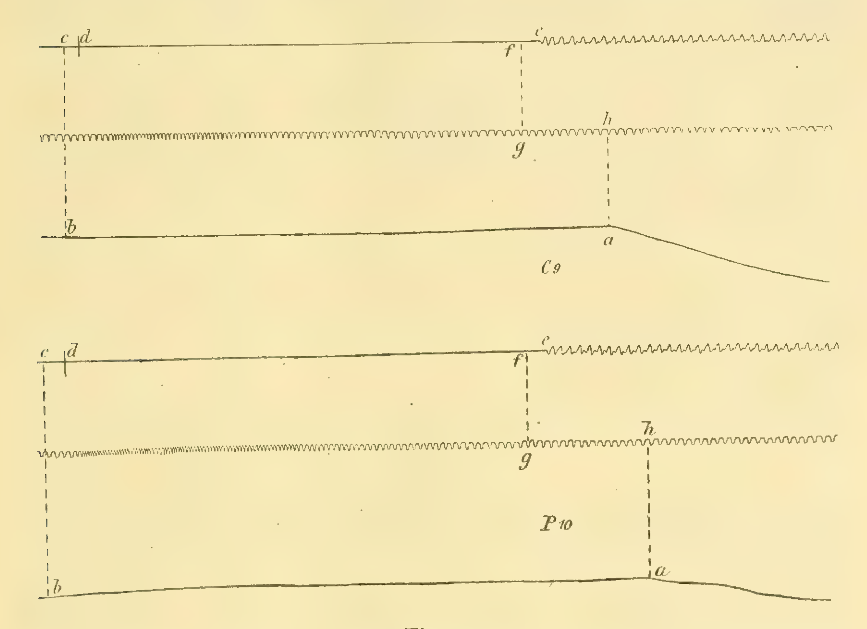


Fig. 3.

Aus der Versuchsreihe vom 9. V. 87. Reizung in der Apnoë; C_9 Versuch Nr. 9 bei centraler Reizung; P_{10} Versuch Nr. 10 bei peripherischer Reizung; *a h* Projection des Anfangsmomentes der Reaction auf die Stimmgabelcurve; *b c* Projection der Anfangsstellung des Athemvolumschreibers auf die Abscisse des Reizmarkirers; *d* Anfangsstellung des Reizmarkirers *ef* = *dc*; *fg* Projection des reducirten Reizmomentes auf die Stimmgabelcurve; *g h* Reactionszeit und zwar bei C_9 10·5 Stimmgabelschwingungen, bei P_{10} 15·5 Stimmgabelschwingungen betragend.

In Fig. 4 gehören die unteren drei Curven dem Versuche bei centraler, die oberen dem darauf folgenden Versuche bei peripherischer Reizung an. Die Linie *a b* ist die vom Athemvolumschreiber gelieferte Curve spontaner Athmung. Nachdem die exspiratorische Erhebung bei der zweiten Athmung ebenso — nur etwas gestreckter, wegen des inzwischen beschleunigten Laufes der Trommel — wie bei der ersten Athmung verlaufen ist, erfolgt bei *a* eine inspiratorische Abweichung von dem nach Vergleich mit der ersten Athmung zu erwartenden weiteren Verlauf der zweiten Ausathmung. Also *a* ist der Reactionsmoment, *i* seine Projection auf die Stimmgabelcurve. *b c* ist eine durch *a* gelegte Horizontale und wo diese die Ausschlagslinie des

Athemvolumschreibers bei feststehender Trommel schneidet, bei *b*, ist die in Betracht kommende Anfangsstellung des Reactionsschreibers. *d* ist die Projection von *b* auf die Abscisse des Reizmarkirers. *e* ist die Anfangsstellung des letzteren. *fg* ist gleich *ed* und *g* ist also der Punkt des reducirten Reizmomentes. *h* ist die Projection des letzteren auf die Stimmgabelcurve und *hi* misst die Reactionszeit.

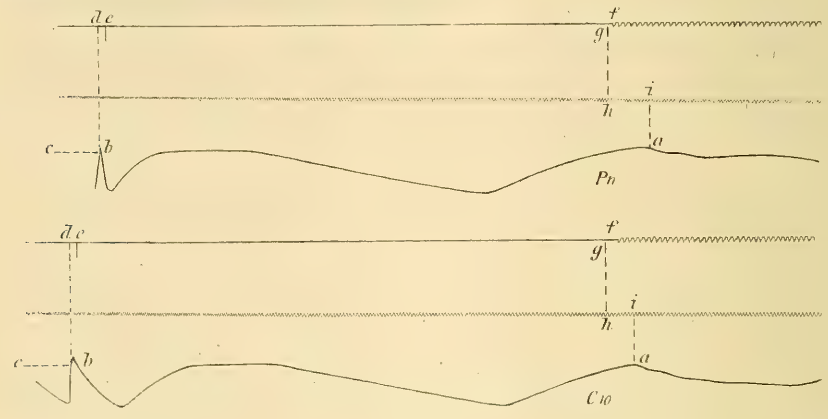


Fig. 4.

Aus der Versuchsreihe vom 2. III. 87. Reizung bei spontaner Athmung; C_{10} Versuch Nr. 10 bei centraler Reizung; P_{11} Versuch Nr. 11 bei peripherischer Reizung; — *ai* Projection des Beginns der Reaction auf die Stimmgabelcurve; *bd* Projection der Anfangsstellung des Athemvolumschreibers (in der Höhe $b = a$) auf die Abscisse des Reizmarkirers; *e* Anfangsstellung des Reizmarkirers; $fg = ed$; — *gh* Projection des reducirten Reizmomentes *g* auf die Stimmgabelcurve; *hi* Reactionszeit und zwar bei C_{10} sieben Stimmgabelschwingungen, bei P_{11} 11·5 Stimmgabelschwingungen betragend. Die Figg. 3 und 4 sind bei der Reproduction etwas schematisch gerathen und können zur Beurtheilung der Genauigkeit der Messungen nicht dienen.

Im Ganzen sind von uns an 6 Thieren Versuche in der Apnoë und an 13 Thieren Versuche mit spontaner Athmung ausgeführt worden. Hierbei gelangen 148 Einzelversuche mit peripherischer und 97 Einzelversuche mit centraler Reizung. Als Mittelwerth ergiebt sich aus allen diesen Versuchen:

für die Reactionszeit bei Reizung peripher vom Ganglion	0·123	Secunden
„ „ „ „ „ central „ „	0·087	„
Differenz	0·036	Secunden

Da die Breite innerhalb welcher die Einzelwerthe geschwankt haben, eine beträchtliche ist, haben wir geglaubt, uns nicht auf die Angabe der Mittelwerthe beschränken zu sollen, sondern wir haben das ganze gewonnene Zahlenmaterial in Tabellen geordnet, aus welchen zugleich die speciellen

Versuchsbedingungen in jedem Falle zu ersehen sind und wir theilen diese Tabellen im Anhang mit, damit Jeder in der Lage sein kann, unser Zahlenmaterial selbst zu beurtheilen. Dass die Reactionszeiten, um welche es sich hier handelt, keine grosse Constanz zeigen, liegt offenbar daran, dass sie von dem Zustande, in welchem sich das Centralnervensystem des Thieres gerade befindet, und welches selbst von den verschiedensten Umständen beeinflusst wird, abhängen. Daher kommt es, dass die Reactionszeit bei peripherischer Reizung gelegentlich gleich oder auch kleiner erscheinen kann als die Reactionszeit bei centraler Reizung. Uebersieht man aber das ganze, durch immerhin recht zahlreiche Messungen unter mannigfach modificirten Versuchsbedingungen gewonnene Zahlenmaterial, so findet man, dass in der weit überwiegenden Zahl von Fällen bei den unmittelbar sich folgenden Versuchen die Reactionszeit nach peripherischer Reizung erheblich länger war als nach centraler Reizung und die Mittelwerthe ergeben ja auch in der That einen beträchtlichen Unterschied in demselben Sinne. Was die absoluten Grössen der von uns gefundenen Zeiten anlangt, so sind wir zwar nicht geneigt, ihnen grossen Werth beizumessen, immerhin kann es Vertrauen erwecken, dass sie gleicher Grössenanordnung sind mit denen, welche von anderen Forschern und auch von Joseph bei anderer Gelegenheit für Zeiten ähnlicher oder gleicher Bedeutung gefunden worden sind. Unsere Reactionszeit nach Reizung des Vagus peripher vom Ganglion, welche in vorstehender Untersuchung als Mittel aus 148 Versuchen zu 0·123 Secunden erscheint, bedeutet dieselbe Zeit, welche Joseph in der unter Langendorff's Leitung angestellten Arbeit: „Zeitmessende Versuche über Athemreflexe“ [1] „Vaguslatenz“ nannte und im Mittel aus 56 Versuchen zu 0·1695 Secunden erhielt. Die von uns als Verzögerung beim Durchgang durch das Ganglion gefundene Zeit liegt zwischen den Grössen, welche Franck und Pitres einerseits, Bubnoff und Heidenhain andererseits für den Aufenthalt der Erregung in der grauen Hirnrinde beim Säugethiere ermittelt haben: [2] Franck und Pitres 0·02 Secunden, wir 0·036 Secunden, Bubnoff und Heidenhain 0·045 Secunden. Wollte man den absoluten Werthen aller vorliegenden ähnlichen Zeitbestimmungen schon jetzt einige Bedeutung beimessen, so würde man zu dem Resultate gelangen, dass die Fortpflanzung der Erregung im Nerven beim Kaltblüter langsamer geschieht als beim Säugethier, dass aber bei letzterem der Aufenthalt in den cellulären Schaltstücken des Centralnervensystems beträchtlicher ist als bei ersterem.

---

[1] *Dies Archiv.* 1883. S. 486; — *Inaugural-Dissertation.* Königsberg 1883. R. Leupold.

[2] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXVI. S. 158.

Der Vergleich des von uns gefundenen Mittelwerthes der Reactionszeit bei Reizung des Vagus peripher vom Ganglion mit dem von Joseph für die „Vaguslatenz“ gefundenen, hat insofern etwas Beruhigendes, als unser Werth erheblich kürzer ist, bei einer Versuchsmethode, welche die Einmischung von Summirung unterminimaler Reize an sich nicht ausschliesst, während Joseph damals mit Einzelreizen durch kurzdauernden Schluss constanter Ströme gearbeitet hat. Es scheint hiernach, dass die Summirung unterminimaler Reize bei unseren gemeinschaftlichen Versuchen in der That keine wesentliche Rolle gespielt hat. Dieser Punkt ist aber wichtig genug, um noch einer vorurtheilsfreien Besprechung unterzogen zu werden. Die Summirung unterminimaler Reize könnte auf dreierlei Weise unser Resultat beeinflusst haben. Erstens wäre es denkbar, dass bei den Reizungen central vom Ganglion centraler gelegene erregbare Gebilde in unbeabsichtigter Weise mit gereizt worden seien, so dass in Folge der Ausbreitung des Reizes auf eine grössere Summe von Angriffspunkten, ein früheres Glied in der Reizfolge als bei Reizung peripher vom Ganglion das Eintreten des ersten sichtbaren Effectes bedingt hätte. Diese Möglichkeit glauben wir durch die Controlversuche in Betreff der Stromschleifen und unipolaren Abgleichungen, über welche oben ausführlich berichtet worden ist, mit genügender Sicherheit ausgeschlossen zu haben. Zweitens könnte man glauben, dass in dem Ganglion selbst eine Summation stattgefunden habe, in Folge deren bei Reizung peripher vom Ganglion ein späteres Reizglied den ersten Effect auslöste als bei Reizung central vom Ganglion. Sollte sich nachweisen lassen, dass dies der Fall gewesen ist, so würde aus unseren Versuchen allerdings nicht zu schliessen sein, dass die Erregungswelle selbst in dem Ganglion eine Verzögerung erfahren habe, dagegen würde unser Endschluss, auf welchen es uns zunächst ankommt, dass nämlich die Erregungswelle im Ganglion celluläre Schaltstücke zu passiren hat, zu Recht bestehen, denn nur solchen Gliedern wäre eine besondere Art der Summirung zuzutrauen. Schliesslich wäre daran zu denken, dass die absolute Erregbarkeit der Nervenfasern selbst central vom Ganglion grösser ist, als peripher von demselben, so dass an letzterer Stelle erst bei einem späteren Gliede der Reizfolge die Erregung entstände, als an ersterer. Wenn eine solche Verschiedenheit der Erregbarkeit bestände, so sollte man aber meinen, dass sie durch entsprechende Verschiedenheit in der angewandten Reizstärke hätte ausgeglichen werden können, das heisst, dass bei Reizung mit kleineren Rollenabständen peripher als central vom Ganglion die Differenz der Reactionszeiten hätte fortfallen sollen, wovon aber in den betreffenden Versuchen nichts zu spüren ist. (Versuchsreihe 2. III. Nr. 14 bis 20, 9. V. Nr. 8 bis 14, 11. V. Nr. 7 bis 9, 25. V. Nr. 13 bis 17.)

Wir stehen also nicht an, aus diesem Theile unserer Untersuchungen

zu schliessen, dass die functionellen Erregungswellen der centripetalen Nervenfasern die Nervenzellen der Spinalganglien wirklich zu durchsetzen haben, indem wir es vorläufig unentschieden lassen, ob die Erregungswellen stets hierbei eine Verzögerung erfahren, was ja Exner (a. a. O.) nicht hat finden können, oder ob die Nervenzellen der Spinalganglien einer grösseren Anzahl unterminimaler Anstösse bedürfen, um in Erregung zu gerathen und die Erregung centripetal weiter zu geben, als centraler gelegene celluläre Stationen der Nervenleitung. Die Hauptsache bleibt zunächst, dass Nervenzellen der Spinalganglien mit bipolarer Anordnung in den Verlauf der centripetalen Nervenbahnen eingeschaltet sein müssen.

Bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse können wir, wenn wir dem Bedürfniss, uns hinter den Erscheinungen etwas zu denken, Rechnung tragen wollen, nicht umhin, die Verzögerung, welche die centripetale Erregungsleitung im Ganglion findet, zu dem trophischen Einflusse dieses Ganglions auf die centripetalen Fasern in Beziehung zu setzen. Wo Ganglienzellen in erregungsleitende Bahnen eingeschaltet sind, können sie der Zusammenfassung mehrerer zuleitender Bahnen zu einer ableitenden, oder der Spaltung einer zuleitenden in mehrere ableitende, oder der Beschränkung der Erregungsleitung auf eine Richtung, oder der Reflexvermittelung, oder der quantitativen Modification der Erregung dienen. Die Annahme der Zusammenfassung von centripetalen Bahnen in den eigentlichen Spinalganglien, welche Jacobi als einen Theil seiner Theorie der Collateral-Innervation der Haut ausgesprochen hat,[1] auf die centripetalen Vagusbahnen und das Ganglion jugulare auszudehnen, haben wir keinen Grund. Die Reflexvermittelung durch Ganglien ist von Claude Bernard behauptet worden. Wir haben das Ganglion jugulare hierauf geprüft, indem wir uns bemühten, nach Durchschneidung des Vagus central vom Ganglion durch Reizung des N. depressor Wirkungen auf das Herz, durch Reizungen des am Halse durchschnittenen Vagusstammes, zwischen diesem Schnitt und dem Ganglion, Wirkungen auf den Kehlkopf zu sehen zu bekommen, aber wir müssen das Resultat als ein durchaus negatives bezeichnen. Eine Verstärkung der Erregung bei dem Durchtritt durch die Spinalganglien war von du Bois-Reymond, welcher die Ganglien als relaisartige Vorrichtungen aufzufassen geneigt war, vermuthet worden. In unseren Versuchen haben wir, um gleiche Wirkung auf die Athmung zu erzielen, bei der Reizung peripher vom Ganglion oft grösserer, nie kleinerer Stromstärken bedurft, als bei der Reizung central vom Ganglion. Tragen wir nun

[1] Rudolph Jacobi, Die Collateralinnervation der Haut. *Archiv für Psychiatrie.* Bd. XV. S. 540—546. (S. 71 des Sep.-Abdr.)

auch der möglichen Annahme der Schädigung des Ganglions durch die Praeparation Rechnung, so geben uns unsere Versuche doch keine Stütze für die Vermuthung einer erregungsverstärkenden Wirkung des Ganglions an die Hand. Die übrigen der oben aufgeführten denkbaren Functionen der Ganglienzellen kommen beim Ganglion jugulare nicht in Betracht. Als einzige Function der mit den centripetalen Fasern verbundenen Nervenzellen dieses Ganglions können wir also nur ihre trophische Wirkung auf diese Fasern auffassen, welche wir auch direct nachweisen konnten. Es ist wohl nicht anders vorzustellen, als dass diese Function dadurch ausgeübt wird, dass Erregungen, welche in den Zellen selbst entstehen, und deren Entstehung einen integrirenden Bestandtheil des Lebensprocesses dieser Zellen ausmacht, den mit den Zellen verbundenen Nervenfasern in centrifugaler und centripetaler Richtung mitgetheilt werden. Wir haben gesehen, dass diese Mittheilung bei einer Verknüpfung der Zellen mit den Fasern möglich wäre, welche die Nothwendigkeit des Durchtrittes der in den Fasern von der Peripherie zum Centrum geleiteten Erregungen durch die Zelle hindurch nicht involvirte (Ranvier's Schema). Wenn dieser mit Zeitverlust verbundene Durchtritt dennoch erfolgt, so kann dies nur die Bedeutung haben, dass er für die Erhaltung der Functionsfähigkeit der Zelle selbst von Wichtigkeit ist. Nicht nur die Nerven- und Muskelfasern scheinen zur Erhaltung ihrer normalen Beschaffenheit einer gewissen Continuität zugeleiteter Erregungen zu bedürfen, sondern auch die Nervenzellen, selbst wenn sie, wie wir es für die Zellen der Ganglien angenommen haben und wie es für die Zellen des Athemcentrums in der Medulla oblongata allgemeiner angenommen wird, Entstehungsorte von Erregungen darstellen. Auch letztere Zellen, die Prototypen „automatisch" thätiger Zellen senden nicht nur in ihnen entstandene Erregungen aus, sondern sie empfangen auch solche auf Nervenbahnen zugeleitet. Wenn ein trivialer Vergleich gestattet ist, so könnte die beim Durchgang der Erregung durch die Nervenzelle des Ganglions unter Zeitverlust verschwundene Energie als Wegezoll aufgefasst werden, der zunächst aufgespeichert würde und dann zur Instandhaltung des Weges allmählich zur Verausgabung käme. Einer Consequenz aus dieser Anschauungsweise scheinen die bisher bekannten Thatsachen allerdings zu widersprechen. Man sollte erwarten, dass das Ganglion nach der Durchtrennung seiner Verbindung mit der Peripherie entartete. Die vorliegenden Erfahrungen über Degenerationen nach Leitungs-Unterbrechungen enthalten zwar Andeutungen hiervon, gestatten jedoch nicht, jene Consequenz als gesichert anzusehen. Weitere Untersuchungen nach dieser Richtung, womöglich unter gegenseitiger Controle der functionellen und histologischen Prüfung, scheinen sehr erwünscht.

Wenn wir die Ueberzeugungen, zu denen wir durch unsere Arbeit gelangt sind, in kurze Sätze zusammenfassen wollen, so müssen dieselben folgendermaassen lauten:

1. Die meisten centripetalen Nervenbahnen sind in Spinalganglien durch bipolar angeordnete Nervenzellen unterbrochen:

2. Die Function dieser Nervenzellen besteht in dem trophischen Einflusse auf die mit ihnen verbundenen Nervenfasern.

3. Zur Erhaltung der normalen Structur und Function der centripetalen Nervenfasern ist ihre Verbindung mit dem Spinalganglion erforderlich und ausreichend.

4. Jede functionelle Erregungswelle centripetaler Nervenfasern muss im Spinalganglion eine Nervenzelle durchsetzen.

5. Ob die von uns gefundene Zeitdifferenz in der Reaction nach Reizungen peripher und central vom Ganglion auf Verzögerung der Erregungswelle beim Durchtritt durch das Spinalganglion oder auf einer besonderen, hier stattfindenden Summation unterminimaler Reize beruht, bleibt dahingestellt.

6. Der Functionsausfall der von ihrem trophischen Centrum getrennten centrifugalen und centripetalen Nervenfasern ist beim Säugethiere am Ende des zweiten oder am Anfange des dritten Tages zur vollen Höhe entwickelt.

7. Für die Vascularisation der Spinalganglien ist durch die Gefässe, welche die Nervenstämme und Nervenwurzeln begleiten, in ausreichender Weise gesorgt.

Anhang.

Tabelle I.

Die Reactionszeit betrug in $^1/_{100}$ Secunden bei Reizung in der Exspiration:
(Rollenabstand in Centimetern.)

2. III. 1887.

Peripher vom Ganglion					Central vom Ganglion				
Nr. des Versuchs	Rollen-abstand	zu Anfang der Exspiration	in der Mitte der Exspiration	auf der Höhe der Exspiration	Nr. des Versuchs	Rollen-abstand	zu Anfang der Exspiration	in der Mitte der Exspiration	auf der Höhe der Exspiration
1	9·5	—	—	12·5	2	9·5	—	—	7·5
3	9·5	—	—	13·5	4	9·5	—	—	5·5
5	9·5	—	—	13·0	6	9·5	—	—	6·5
7	9·5	—	—	13·0	8	9·5	—	—	6·5
9	9·5	—	—	12·5	10	8·0	—	—	7·0
11	8·0	—	—	11·5	—	—	—	—	—
12	8·0	—	—	13·0	13	9·0	—	—	6·0
14	8.0	—	—	13·5	15	11·0	—	—	6·5
16	5·0	—	9·5	—	17	12·0	—	—	6·5
18	5·0	—	—	11·5	19	13·0	—	8·0	—
—	—	—	—	—	20	10·0	—	—	8·0
4. III. 1887.									
1	12·0	—	13·5	—	2	12·0	—	—	9·0
3	12·0	—	14·5	—	—	—	—	—	—
4	12·0	—	—	12·0	—	—	—	—	—
5	12·0	—	—	14·0	6	12·0	—	9·5	—
7	12·0	—	—	12·5	8	12·0	—	—	8·0
9	12·0	—	—	13·5	—	—	—	—	—
10	12·0	—	—	13·0	—	—	—	—	—
11	12·0	—	—	13·0	—	—	—	—	—
12	12·0	—	16·5	—	13	12·0	—	11·0	—
14	12·0	—	14·0	—	—	—	—	—	—
15	12·0	—	—	14·0	—	—	—	—	—
16	12·0	—	—	11·5	17	12·0	—	9·5	—
18	12·0	—	12·0	—	19	12·0	—	—	8·0
20	12·0	—	25·0	—	—	—	—	—	—
21	12·0	—	10·0	—	22	12·0	—	12·5	—
23	12·0	—	10·0	—	—	—	—	—	—
24	12.0	—	10·0	—	25	12·0	—	12·5	—
26	12·0	—	15·0	—	—	—	—	—	—
27	Reizung des Laryng. sup. allein in der Mitte der Exspiration bei Rollenabstand 12·0 ergab 12·5.								

Fortsetzung der Tabelle I.

Die Reactionszeit betrug in $^{1}/_{100}$ Secunden bei Reizung in der Exspiration:

(Rollenabstand in Centimetern)

7. III. 1887.

Peripher vom Ganglion					Central vom Ganglion				
Nr. des Versuchs	Rollen-abstand	zu Anfang der Exspiration	in der Mitte der Exspiration	auf der Höhe der Exspiration	Nr. des Versuchs	Rollen-abstand	zu Anfang der Exspiration	in der Mitte der Exspiration	auf der Höhe der Exspiration
1	13	28·0	—	—	2	11	7·5	—	—
3	11	15·5	—	—	4	11	10·0	—	—
5	11	18·5	—	—	6	11	11·5	—	—
7	11	—	—	14·5	8	11	—	—	10·5
9	11	—	—	23·5	—	—	—	—	—
10	11	ohne Lar. u. Depr.	16·5	—	11	11	—	—	11·5
—	—	—	—	—	12	14	—	—	12·0
13	12	—	—	15·5	14	14	—	—	9·5
15	12	—	—	13·5	—	—	—	—	—
16	15	—	14·5	—	17	15	—	15·0	—
18	15	—	—	21·5	19	15	—	—	11·0
20	15	—	—	20·5	21	15	—	—	13·5
22	15	—	—	18·5	23	15	—	—	9·5
24	15	—	16·0	—	—	—	—	—	—

9. III. 1887.

Nr. des Versuchs	Rollen-abstand	zu Anfang	in der Mitte	auf der Höhe	Nr. des Versuchs	Rollen-abstand	zu Anfang	in der Mitte	auf der Höhe
1	13	—	—	23·0	2	13	—	18·0	—
3	13	—	36·0	—	—	—	—	—	—
4	13	—	25·5	—	5	8·5	—	11·0	—

11. III. 1887.

Nr. des Versuchs	Rollen-abstand	zu Anfang	in der Mitte	auf der Höhe	Nr. des Versuchs	Rollen-abstand	zu Anfang	in der Mitte	auf der Höhe
1	14	18·0	—	—	2	14	—	8·0	—
3	14	—	—	11·0	4	14	—	—	6·5
5	14	—	11·5	—	6	14	9·5	—	—
7	14	—	18·0	—	8	14	10·5	—	—
9	14	Glossopharyngeus 30·5			—	—	—	—	—

15. III. 1887.

Nr. des Versuchs	Rollen-abstand	zu Anfang	in der Mitte	auf der Höhe	Nr. des Versuchs	Rollen-abstand	zu Anfang	in der Mitte	auf der Höhe
1	11	11·5	—	—	—	—	—	—	—
2	11	16·5	—	—	3	11	11·5	—	—
4	11	20·5	—	—	5	11	8·0	—	—
6	11	22·5	—	—	7	11	17·5	—	—
8	11	17·0	—	—	9	11	6·5	—	—
10	11	16·5	—	—	11	11	7·5	—	—
12	11	14·0	—	—	13	11	6·0	—	—
14	11	23·5	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle II.

Die Reactionszeit betrug in $^1/_{100}$ Secunden bei Reizung in der Apnoë:
(Rollenabstand in Centimetern.)

9. V. 1887.

Peripher vom Ganglion			Central vom Ganglion		
Nr. des Versuchs	Rollenabstand	bei Reizung in der Apnoë	Nr. des Versuchs	Rollenabstand	bei Reizung in der Apnoë
1	20	20·0	2	18	6·5
3	18	9·5	4	18	3·0
5	18	9·5	—	—	—
6	16	10·0	—	—	—
7	16	10·0	—	—	—
8	16	12·0	9	20	10·5
10	15	15·5	11	20	9·5
12	15	17·5	13	20	9·5
14	15	11·5	—	—	—
11. V. 1887. 58 Tage nach Exstirpation eines 2cm langen Stückes des N. vagus.					
1	18	21·5	2	18	10·5
3	18	15·0	4	18	10·5
5	18	11·0	—	—	—
6	18	17·5	—	—	—
7	15	13·5	—	—	—
8	16	12·5	9	18	9·5
10	18	16·0	—	—	—
11	18	11·5	12	18	13·0
13	18	18·0	14	18	10·0
15	18	15·0	—	—	—
		Exspiratorischer Effect.			Exspiratorischer Effect.
25. V. 1887.					
1	20	7·5	—	—	—
2	20	5·0	—	—	—
3	20	8·5	—	—	—
4	20	5·5	—	—	—
5	20	5·5	—	—	—
6	19	5·0	—	—	—
7	19	5·0	—	—	—
8	19	3·5	—	—	—
9	19	12·0	10	16	3·5
11	16	7·0	—	—	—
12	14	7·0	—	—	—
13	13	6·0	—	—	—
14	12·5	9·5	15	16	6·0
16	10·5	10·0	17	15	4·0
6. VI. 1887.					
1	18	6·0	—	—	—
2	18	6·0	—	—	—
3	16	6·5	—	—	—

Tabelle III.

Die Reactionszeit betrug in $^1/_{100}$ Secunden bei Reizung wechselnder Art:

(Rollenabstand in Centimetern.)

9. VI. 1887.

Peripher vom Ganglion			Central vom Ganglion		
Nr. des Versuchs	Rollenabstand	bei Reizung in der Apnoë	Nr. des Versuchs	Rollenabstand	bei Reizung in der Apnoë
1	18	5·5	2	18	3·5
3	18	7·0	—	—	—
4	Reactionszeit bei Reizung des rechten Ischiadicus 8·5.				

Anderseitiger Vagus durchschnitten.

Nr. des Versuchs	Rollenabstand	zu Anfang der Exspiration	in der Mitte der Exspiration	auf der Höhe der Exspiration	Nr. des Versuchs	Rollenabstand	zu Anfang der Exspiration	in der Mitte der Exspiration	auf der Höhe der Exspiration
5	12	—	—	7·5	6	14	—	—	4·0
—	—	—	—	—	7	16	—	—	4·0
8	16	—	—	5·5	9	—	—	—	4·0
10	16	—	—	5·0	11	16	—	—	4·5

11. VI. 1887.

Nr. des Versuchs	Rollenabstand	zu Anfang der Exspiration	in der Mitte der Exspiration	auf der Höhe der Exspiration	Nr. des Versuchs	Rollenabstand	zu Anfang der Exspiration	in der Mitte der Exspiration	auf der Höhe der Exspiration
1	18	—	—	8·5	2	18	—	—	5·0
3	18	—	—	6·5	4	18	—	—	5·5
—	—	—	—	—	5	18	—	—	5·5
6	18	Ramus pharyng. vagi 9·0							
7	17	—	—	8·0	8	17	—	—	6·5
9	17	—	—	8·0	10	17	—	—	5·0
Anderseitiger Vagus durchschnitten.									
11	17	—	—	7·0	12	17	—	—	5·0
13	17	(ohne Laryng. s.)		6·5	—	—	—	—	—
14	17	—	—	7·5	15	17	—	—	5·0

15. VI. 1887.

37 Tage nach Exstirpation eines 2 cm langen Stückes des N. vagus.

Nr. des Versuchs	Rollenabstand	im Beginn der Inspiration	gegen Ende der Inspiration	Nr. des Versuchs	Rollenabstand	im Beginn der Inspiration	gegen Ende der Inspiration
—	—	—	—	1	16	5·5	—
—	—	—	—	2	16	8·0	—
3	16	9·0	—	4	16	—	13·0
5	16	—	7·0	6	16	6·0	—
—	—	—	—	7	16	6·0	—

Fortsetzung von Tabelle III.

Die Reactionszeit betrug in $^1/_{100}$ Secunden bei Reizung verschiedener Art:
(Rollenabstand in Centimetern)

23. VI. 1887.

30 Tage nach Exstirpation eines 2 cm langen Stückes des N. vagus.

Peripher vom Ganglion					Central vom Ganglion.				
Nr. des Versuchs	Rollen-abstand	Reizung in der Apnoë	Mitte der Inspiration	Höhe der Exspiration	Nr. des Versuchs	Rollen-abstand	Reizung in der Apnoë	Mitte der Inspiration	Höhe der Exspiration
1	18	—	—	5·5	2	18	—	—	5·0
3	18	—	—	5·5	4	18	—	—	5·0
5	18	—	—	6·5	6	18	—	—	4·5
7	18	—	—	5·5	8	18	—	—	5·0
—	—	—	—	—	9	18	—	—	5·5
—	—	—	—	—	10	18	—	—	5·0
11	18	—	5·5	—	—	—	—	—	—
12	18	—	4·5	—	13	18	—	4·5	—
14	18	—	4·5	—	—	—	—	—	—
15	18	—	5·5	—	—	—	—	—	—
16	18	6·0	—	—	17	18	—	6·0	—
18	18	6·5	—	—	—	—	—	—	—
19	18	7·0	—	—	—	—	—	—	—
20	15	7·0	—	—	21	15	—	6·5	—

28. VI. 1887.

Reizung des Vagus vor Freilegung des Ganglions (1 Spritze Chloral).

Nr. des Versuchs	Rollen-abstand	Beginn der Inspiration	Mitte der Inspiration	Mitte der Exspiration	Höhe der Exspiration	Nr. des Versuchs	Rollen-abstand	Beginn der Inspiration	Mitte der Inspiration	Mitte der Exspiration	Höhe der Exspiration
1	18	—	11·5	—	—	—	—	—	—	—	—
2	18	14·5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	18	14·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	18	—	11·0	—	—	—	—	—	—	—	—
5	18	21·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	18	18·5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	18	17·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	18	21·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Freilegung des Ganglions.											
9	18	—	—	—	7·0	10	18	—	—	7·0	—
11	18	—	—	22·0	—	12	18	6·5	—	—	—
—	—	—	—	—	—	13	18	—	—	—	9·0

Fortsetzung der Tabelle III.

Die Reactionszeit betrug in $^1/_{100}$ Secunden bei Reizungen verschiedener Art:
(Rollenabstand in Centimetern)

Noch eine Spritze Chloral, 5 Minuten danach.

Peripher vom Ganglion						Central vom Ganglion					
Nr. des Versuchs	Rollen-abstand	Beginn der Inspiration	Mitte der Inspiration	Mitte der Exspiration	Höhe der Exspiration	Nr. des Versuchs	Rollen-abstand	Beginn der Inspiration	Mitte der Inspiration	Mitte der Exspiration	Höhe der Exspiration
14	18	6·0	—	—	—	15	18	5·0	—	—	—
16	18	—	—	—	8·5	—	—	—	—	—	—
17	18	—	—	—	10·0	18	18	5·0	—	—	—
Nach 15 Minuten.											
19	18	—	8·0	—	—	20	18	6·0	—	—	—
21	18	8·0	—	—	—	22	18	5·0	—	—	—
23	18	12·0	—	—	—	24	18	10·0	—	—	—
Nach 40 Minuten.											
25	18	—	13·0	—	—	26	—	5·0	—	—	—
27	18	8·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12. VII. 1887. 1 Spritze Chloral vor der Operation.											
1	16	—	—	—	14·5	2	18	—	—	—	6·5
—	—	—	—	—	—	3	18	—	—	—	8·5
4	18	—	—	—	7·0	5	18	—	—	—	6·5
6	18	—	—	—	11·0	7	18	—	—	—	5·5
8	18	—	—	—	8·0	—	—	—	—	—	—
9	18	—	—	—	5·0	1½ Spritze Chloral nach 15 Minuten.					
10	16	—	—	—	13·0	11	16	—	—	—	9·0
12	16	(50 Minuten später)			11·0	13	16	—	—	—	6·0
14	16	—	—	—	10·0	—	—	—	—	—	—
15	18	—	—	—	5·5	16	18	—	—	—	4·0
17	18	—	—	—	7·5	18	18	—	—	—	6·0
19	18	—	—	—	10·5	—	—	—	—	—	—

Die Reizung des Kaninchenrückenmarkes mit der Nadel.

Von

Dr. de Boeck.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

(Hierzu Taf. VII.)

Auf verschiedenen Wegen hat man zu ergründen gesucht, wie sich die Fasern ungleichartiger Befähigung im Rückenmarke der Säugethiere vertheilen. — Durch die Anwendung eines Druckes oder des elektrischen Stromes auf das motorische Feld einer Hirnrinde erfuhr man, dass zwischen bestimmten Stellen der letzteren und bestimmten Muskeln mehrfache Beziehungen bestehen. Ein schwacher Reiz bedingt die Zuckung einer begrenzten Gruppe[1] von Muskeln auf der entgegengesetzten Körperhälfte, einem stärkeren folgten nun auch gleichnamige Muskeln derselben Seite und bei einer weiteren Steigerung des Reizes gerathen auch noch andere, ja schliesslich alle Muskeln der Seite in Bewegung.[2] Um nun aus der aufgedeckten Beziehung zwischen Hirn und Muskeln Aufschluss zu gewinnen über den Verlauf der verbindenden Nervenfasern durch das Rückenmark hin, hat man regelrecht ausgeführte Einschnitte in gewisse Markstränge mit der Reizung des Rindenfeldes verbunden. Das Ergebniss dieser von Steffhany[3] und C. Eckhard sorgfältig ausgeführten auf gewisse Strecker der Hinterpfoten bezüglichen Versuche spricht sich dahin aus: Die gekreuzte Leitung für die betreffenden Strecker verläuft im Halsmark nahe der Medulla oblongata anders als tiefer unten. Oben knüpft sich an

---

[1] Beevor und Horsley in *Philosophical Transactions.* London 1887. Part. II.

[2] Fr. Frank, *Leçons sur les fonctions motrices du cerveau.* 1887. p. 59.

[3] E. Eckhard, *Beiträge zur Physiologie.* 1888. Bd. XII.

die Erhaltung des Vorderstranges die Fortleitung der Erregung. Vom zweiten Halswirbel abwärts dagegen übergiebt der Vorderstrang die bisher übernommene Vermittelung dem Seitenstrange. Um aber vom Hirn aus die betreffenden Fussstrecker zu erregen, bedarf es keineswegs der Erhaltung eines bestimmten Abschnittes der Seitenstränge. Jeder beliebige, noch unversehrt gebliebene Rest desselben genügt zur Uebertragung der Erregung, indess beeinträchtigt doch jede Verletzung die Innigkeit des Verbandes von Hirn und Muskel, woraus man schliessen konnte, dass im Seitenstrang über alle Orte seines Querschnittes Fasern für die Strecker zerstreut seien. — Ueber die Bahn, welche die Erregung vom Hirn zu der gleichnamigen Körperhälfte nimmt, benachrichtigt uns die abwechselnde Reizung beider Hirnhälften nach halbseitiger Durchschneidung des Halsmarkes; aus seinen Versuchen leitet Steffhany ab, dass die gekreuzten und die gleichseitigen Bahnen für denselben Muskel nicht allein innerhalb des Halsmarkes in derselben Markhälfte gelegen, sondern dass beide auch während dieses Verlaufes eng mit einander verknüpft, d. h. in ihrer Reizbarkeit wenig unterschieden seien.

Gleichem Ziele zustrebend ist ein anderes Verfahren, welches mittels theilweiser Zerschneidung des Rückenmarkes die Wege zu erkennen sucht, durch die sich ein vom Hirn ausgehender Antrieb in den Muskeln geltend macht. Seit Woroschiloff stimmen alle sorgfältigen Beobachter darin überein, dass unmittelbar nach der Durchschneidung eines Seitenstranges die hinter dem Schnitt gleichseitig entspringenden Nerven der Herrschaft des Hirns entzogen seien; doch nur vorübergehend. Stricker und Borgherini[1] zeigen, dass schon nach Tagen das anfangs gelähmte Glied wieder den Hirnreizen folgt, wenn dem operirten Thiere das Leben erhalten blieb. Durch den unversehrten Seitenstrang ist die Vermittelung zwischen dem Hirn und den Gliedern wieder hergestellt. Dass der unversehrte Seitenstrang die Vertretung der verstümmelten Bahnen übernommen habe, muss deshalb angenommen werden, weil die Lähmung beider hinterwärts gelegener Glieder erfolgt, sowie jetzt der bis dahin unversehrt gebliebene Seitenstrang auch durchschnitten wird. Auch damit findet die Stellvertretung der Rückenmarksstränge untereinander noch nicht ihre Grenze. Wenn ein Thier die Durchschneidung beider Seitenstränge überlebt, so stellen sich einige Wochen nach der Operation in den bis dahin gelähmten Gliedern wieder Bewegungen ein, die vom Hirn aus angeregt wurden. An Stelle der Seitenstränge müssen, weil kein anderer Ausweg bleibt, die Vorderstränge getreten sein. Der Beschreibung nach scheint jedoch der

---

[1] *Mittheilungen aus dem Institut für allgemeine Pathologie in Wien.* 1886. Von A. Borgherini, mit einem Vorworte von Stricker.

Ersatz, den die Vorderstränge für die Seitenstränge liefern, weniger vollständig zu sein als der, welchen einer der letzteren dem anderen gewähren kann.

Ebenso bekannt als eigenthümlich sind die Aufschlüsse, welche wir erhalten aus der Entartung gewisser Abschnitte des Vorder- und Seitenstranges nach Zerstörungen innerhalb des motorischen Grosshirnfeldes. Die Entartungen zeigen, dass sich nicht der gesammte Seitenstrang, vielmehr nur ein beschränkter Abschnitt an der Uebertragung der Erregung vom Hirn zu den Muskeln betheiligt. Daneben steht gleichwerthig ein gewisser Theil der Vorderstränge. Ihre gleichzeitige Entartung mit den Seitensträngen ist bemerkenswerth, weil nach den Ergebnissen der folgeweisen Durchschneidung die Erwartung berechtigt war, dass die Vorderstränge erst nach dem Ausfall der Seitenstränge zur Leistung herbeigezogen würden. — Weiterhin lässt sich durch die Entartung beweisen, dass die zwischen dem Gehirn und den Muskeln bestehende Verbindung nicht durch fortlaufende Nervenröhren bedingt sei. Denn es nehmen nach den übereinstimmenden Angaben aller Beobachter die Fasern der vorderen Wurzeln an der Entartung keinen Antheil. Deshalb gewinnt die Annahme an Wahrscheinlichkeit, dass auch bei dem Säugethier, wie es für den Frosch erwiesen ist, jede motorische Faser aus einer Ganglienzelle entspringe. Unter dieser Voraussetzung steht die Hirnrinde nur in Verbindung mit den Ganglienkörpern; weil aber die zahlreichen Ausläufer derselben doch keinenfalls blind und wirkungslos enden, so ist dem Fortschritt der Erregung, nachdem sie in den Ganglienkörper übertrat, kein so beschränkter Weg wie in den Nervenröhren angewiesen. Von da ab, von wo sich die Erregung mehrseitig fortpflanzen kann, wird die Richtung, welche sie einschlägt, von den besonderen Zuständen der Bahnen abhängen. — Noch schlagender beweist die unterbrochene Fortsetzung der Hirn- in die Wurzelfasern die Vertretbarkeit eines zerschnittenen Stranges durch einen anderen, der an Dicke geringer ist und der bis dahin ausser Stande war, die Erregung des Gehirns den Wurzelfäden zu übermitteln.

Nachricht über den Verlauf der motorischen Bahnen im Rückenmark hat man verschiedentlich auch durch unmittelbare Reizung des Markes zu gewinnen versucht, ohne jedoch damit wesentlich weiter zu kommen, vielleicht nur deshalb, weil die Reizung sich jedesmal über ein grosses Gebiet erstreckte. Denn da das Mark reizbar ist, so dürfte man auch erwarten, dass mittels der Reizung eine Zergliederung seiner Leistungen durchgeführt werden könnte, vorausgesetzt dass die Wirksamkeit des Reizmittels sich auf einen geringen Bruchtheil eines Querschnittes vom Rückenmark beschränken lasse.

Unter die Mittel, welche das primär erregte Gebiet möglichst be-

schränken, und die Lage desselben sicher stellen, gehört jedenfalls die von Hrn. Prof. C. Ludwig empfohlene und von Birge und Sirotinin angewendete Nadelreizung. Durch die methodisch geführte Stichreizung des Froschrückenmarkes hatte Sirotinin Erfahrungen gewonnen, welche sich mit der Vorstellung nicht vereinigen liessen, dass die weisse Markmasse wesentlich aus Bahnen zusammengesetzt sei, auf welchen die vom Hirn herabsteigende Erregung isolirt zu den Wurzeln gelangen könne. Ob durch Sirotinin ein allgemein giltiges oder ein dem Frosch eigenthümliches Verhalten aufgedeckt war, musste durch Versuche am Säugethier ermittelt werden.

Der Aufforderung des Hrn. Prof C. Ludwig entsprechend habe ich eine Versuchsreihe am Rückenmark des Kaninchens ausgeführt.

Der Versuch stellte sich die Aufgabe, ein möglichst reizbares Rückenmark — vom verlängerten Mark getrennt oder noch mit ihm in Verbindung — auf einem thunlichst beschränkten Ort zu reizen, entweder durch den Einstich einer feinsten Stahlnadel oder unipolar durch einen Inductionsstrom. Ob und welchen Erfolg die Reizung erzielte, war, so weit er gewisse Muskeln der Gliedmaassen betraf, durch ein mit ihnen verbundenes Schreibwerkzeug zu erfahren; anderswo hervortretende Bewegungen wurden mit freiem Auge möglichst genau beobachtet.

Von den Maassregeln zur Verwirklichung des vorgelegten Planes bedürfen die meisten, weil bekannt, nur der Erwähnung. Stets war die Ausschaltung des Grosshirns geboten: je nachdem das Rückenmark mit dem unversehrten, verlängerten Mark in Verbindung bleiben sollte, wurden am hinteren Ende des Scheitelbeins zwei Trepanöffnungen angelegt und durch diese das Gehirn vor oder im Bereiche der Vierhügel mit einer stumpfen Nadel zerschnitten. Anderen Falles wurde das Mark unmittelbar unter der Spitze des Calamus durchschnitten.

Die Reizungen des Rückenmarkes wurden innerhalb der Hals- und der Lenden-Wirbelsäule vorgenommen. An der ersteren Oertlichkeit kann man bekanntlich einen mehrere Millimeter breiten Streifen des Markes ohne Verletzung der Knochen blosslegen, weil an dem geradlinig ausgestreckten Hals die Wirbelbogen weit auseinander weichen. Zur Herstellung eines Reizungsfeldes am Halsmark erwies sich unter Berücksichtigung der anatomischen Verhältnisse nur die Trennung der Muskeln und der gelben Bänder als nothwendig. Der einfache und rasch zu vollendende Handgriff dürfte an der stets grossen Reizbarkeit einen Antheil besitzen, die ich an dem ohne Knochenverletzung blossgelegten Halsmark angetroffen habe.

Umständlicher gestaltet sich die Herstellung des Reizungsfeldes an der Grenze von Brust- und Lendenwirbelsäule. Nicht allein, dass man stets zum Trepan und der Knochenzange greifen muss, die starken Muskelbäuche

beschatten das freigelegte Mark derart, dass öfter die Beleuchtung desselben durch einen Spiegel nöthig wird. Namentlich wenn man sich vor einer sehr weit ausgedehnten Verletzung der Rückgratstrecker scheut.

Da das Rückenmark seine Reizbarkeit rasch einbüsst, wenn ihm der Zutritt des Arterienblutes versagt wird, so muss bei den vorbereitenden Operationen die Blutung auf ein möglichst geringes Maass eingeschränkt und gleichzeitig dafür gesorgt werden, dass die Athmung niemals still steht. Deshalb muss selbst, wenn das verlängerte Mark erhalten bleibt, eine Luftröhrenfistel angelegt werden, um jeden Augenblick die stockende natürliche durch die künstliche Athmung ersetzen zu können.

Dem zum Versuche bestimmten Thiere musste auf einem standsicheren Brett eine Lage ertheilt werden, in welchem der Abschnitt der Wirbelsäule, dessen Markinhalt gereizt werden sollte, gerade ausgestreckt und unverrücklich festgestellt war. Zu dem Ende wurde das Thier, was nach der Abtödtung seines Willens leicht gelang, mit dem Rücken nach oben gelegt und der Kopf in dem Czermak'schen Halter derart gespannt, dass seine und die Längenachse der Wirbelsäule einen rechten Winkel bildeten. Danach wurden die Glieder angeschnürt, welche nicht zum Schreiben vorgerichtet waren.

Sollte das Halsmark gereizt werden, so wurde die Halswirbelsäule von der Vorderseite her durch eine messingene Hohlrinne unterstützt, welche fest gegen die Wirbelkörper angedrückt und in dieser Stellung durch eine Schraube befestigt wurde. Ihr entgegen griffen beiderseits je ein Messingstreifen von oben her gegen die schiefen Fortsätze. Auch diese wurden, wenn sie richtig lagen, festgeschraubt. Da durch die Halsklemme die Luftröhre zugedrückt wurde, so war, um die Athmung zu ermöglichen, unmittelbar unter dem Kehlkopf die Luftröhre eröffnet und in sie ein steifes Röhrchen eingeschoben, das bis zum Eingang in die Brusthöhle reichte. Der einfache Apparat, dessen ich mich bei den genannten Handgriffen bediente, ist auf Taf. VII abgebildet.

Wenn sich die Reizung auf das untere Brust- oder das obere Lendenmark erstrecken sollte, so wurden die schiefen Fortsätze nach ihrer Blosslegung als Angriffspunkte für die Befestigung benutzt. Mit je einem von rechts und links her angreifenden Zängelchen liess sich der Wirbel, dessen Bogen aufgebrochen war, vor jeder Verrückung sichern.

Die Nadel, welche in das Rückenmark eingestochen werden sollte, ihr Träger und die Werkstücke, an welchen sie gröblich und fein zu verschieben war, gleichen im Wesentlichen den von Sirotinin gebrauchten auf S. 156 und Tafel II im Jahrgang 1887 *dieses Archivs* beschriebenen und abgebildeten. Nur in folgenden Stücken unterscheidet sich die jetzt und die früher gebrauchte Einrichtung. — Die feine Stahlnadel ragte nur

um 15 mm über den Messingstift hervor, der ihre Verbindung mit dem mikrometrisch bewegten Schlitten vermittelte. Bei dieser Kürze wurde der Möglichkeit vorgebeugt, dass sich die Nadel beim Einstich krümme. — In der Versuchsreihe Sirotinin's hing das Rückenmark (des Frosches) senkrecht herab, in der meinen lag dasselbe wagrecht. Deshalb musste auch der Schlitten anders gestellt werden, dessen Bewegungen die Nadel folgte. Um ihn der Lage des Thieres anzupassen, waren am Operationsbrett zwei vierseitige Eisenstäbe angebracht, einer lief links, der andere rechts neben der langen Seite des Brettes her; beide waren, um ihre Biegung zu verhüten, durch mehrfache seitliche Arme gestützt. An den Stäben liessen sich in beliebiger Stelle befestigen: die in die Stahlprismen eingeschnittenen Triebe, welche den nadeltragenden Schlitten nach allen Richtungen hin beweglich machten, ferner die Träger der Halsklemme und der Wirbelzangen und endlich auch die Klammern, welche, je nachdem Fuss- oder Handmuskeln schrieben, dem Knie oder dem Ellenbogen die Lage unabhängig von den Bewegungen des übrigen Körpers sicherten.

Vor dem Beginn der Versuche war die Frage nach der Grösse der Verletzung zu erledigen, welche die Nadel dem Rückenmark zufügt. Zwei verschiedene zur Prüfung benutzte Mittel liessen übereinstimmend erkennen, dass der Eingriff ein, man könnte sagen, unschädlicher sei. — An einem natürlich athmenden Thier kann man innerhalb des zweiten und dritten Halswirbels auf einer senkrecht zur Längsaxe des Markes gezogenen Linie vielfache Nadelstiche anbringen, ohne dass die Athembewegungen beeinträchtigt werden. Darnach scheint es, als ob die Nadelspitze neben den Markfasern herfahre, ohne sie selbst zu verletzen. Eine Bestätigung der Voraussetzung liefert die mikroskopische Untersuchung des gehärteten Rückenmarks. An einem Quer- oder Längenschnitt durch den von der Nadel durchstochenen Rückenmarkstheil lassen sich, insofern die Verletzung eines grösseren Gefässes vermieden war, die Stichcanäle nicht auffinden.

Ganz regelmässig ist die von dem Nadelstich erzielte Wirkung eine vorübergehende und häufig auch eine nur schwache, deshalb wurden gleichzeitig mit der Aufstellung des Versuchsthieres die Vorbereitungen zur unipolaren Inductionsreizung getroffen; die Füsse des Kaninchenbrettes standen auf Glasprismen, die zum Markstich bestimmte Nadel war von allen anderen Metalltheilen isolirt, in ihrem Knopf war eine der beiden Enden der secundären Rolle des Inductoriums eingeschraubt. — Das andere Ende der secundären Spirale war mit den Röhren der Gasleitung metallisch verbunden. Im Kreis der primären Spirale stand eine Grove.

Durch die unipolare Reizung gewinnt man, worauf W. Kühne zuerst aufmerksam machte, den Vortheil, die erregende Wirkung des Stromes auf einen sehr kleinen Umkreis beschränken zu können. Obwohl die von mir gebrauchte Anordnung schwächere Reize als z. B. die von Tiegel empfohlene liefert, so hielt ich es doch für gerathen, mich von dem Umfange zu überzeugen, auf welchen sich die Wirkung mit der abnehmenden Entfernung der beiden Inductionsrollen erstreckte. Vorgenommen wurde die Prüfung an einem wie gewöhnlich aufgebundenen Kaninchen, dessen Hirn oberhalb der Vierhügel durchschnitten und dessen Rückenmark zwischen zwei Wirbelbogen blossgelegt war. Ausserdem war auf einer Seite der N. ischiadicus blossgelegt und durchschnitten. — Von dem wohl isolirten peripheren Stumpf des Ischiadicus aus wurden sämmtliche ihm untergebene Muskeln bewegt, wenn der Rollenabstand 10 ^{cm} betrug. Jenseits dieses Abstandes konnte je nach dem Stande der Nadelspitze diese oder jene Muskelgruppe zum Zucken gebracht werden. Daraus wäre zu schliessen, dass bei einem mehr als 10 ^{cm} betragenden Abstand der Inductionsrollen der Wirkungskreis des reizenden Stromes nicht mehr als 0·5 ^{mm} Durchmesser besessen habe. Da das Rückenmark sich etwas reizbarer als der N. ischiadicus verhielt, so wird auch bei noch grösserem Rollenabstande der Reizungskreis etwa gleich gross angenommen werden dürfen.

Wenn demnach die Nadel in Entfernungen von je 0.5 ^{mm} eingestochen wurde, so war zu erwarten, dass der zweiten und allen folgenden Reizungen kein nervöses Gebiet mit den vorausgegangenen gemeinsam gewesen. Um des Vortheils, der aus der Vermeidung sich theilweise deckender Wirkungskreise fliesst, sicher zu sein, habe ich auf je einer Markhälfte nur vier bis fünf Stiche angebracht. Hiervon fallen drei bis vier in das Bereich der Seitenstränge und der Rest in die graue Masse. Denn es ergaben je fünf Messungen des Marks unter dem fünften und siebenten Halswirbel die Breite der ganzen Markhälfte = 2·5 ^{mm} und die des Seitenstranges = 2·0 ^{mm}. — Ebenso viel Messungen unterhalb des neunten und zehnten Brustwirbels gaben die ganze Markhälfte zu 2·0 ^{mm} und den Seitenstrang zu 1·5 ^{mm}.

In dem Probeversuch war die in den Schlitten des Reizungsapparates eingesetzte Nadel bis auf ihre Spitze isolirt; bei allen übrigen Versuchen war dagegen die Nadel bis auf mehrere Millimeter, so weit, als das Rückenmark dick, blank gelassen. Statt den einer Kegelspitze, hatte nun der Raum, welcher von reizenden Strömen durchsetzt wurde, etwa die Gestalt eines Cylinders. Danach war anzunehmen, dass die Gesammtwirkung des Reizes sich aus einer grösseren Anzahl ungleichartiger zusammensetze. Meine Versuche werden sich der Elektrodenform wegen auf den Aufschluss beschränken müssen, ob zwei Fasersummen ungleich functioniren, welche je zwei Stiche umgeben, die durch die Dicke des

Markes hindurch in einem Abstand von 0·5 mm geführt wurden. — Einem derartigen Verfahren werden viele Eigenheiten des Rückenmarkes entgehen, andere aber müssen sich ihm offenbaren, weil unmöglich anzunehmen ist, dass die auf verschiedenen Orten eines Querschnittes ausgeführten Durchstiche überall auf ein gleich wirksames Fasergemenge treffen sollten.

Nach folgender Anordnung wurde bei der Ausführung der Versuche vorgegangen. Zuerst wurden die Schenkelmuskeln, welche schreiben sollten, aufgesucht, die Trachealfistel angelegt und das Hirn über den Vierhügeln durchschnitten. Dann wurde das Thier mit dem Rücken nach oben auf das Brett gebunden, sogleich die Stelle des Marks, welche gereizt werden sollte, blossgelegt, der entsprechende Abschnitt der Wirbelsäule festgestellt und die an die Sehnen geknüpften Fäden mit dem Schreibstift verbunden. Waren dann auch die Träger des Schlittens sammt Nadel an die Seitenstäbe geschraubt, so wurde nun erst die Dura mater des Rückenmarks zerschnitten und zurückgelegt.

So lange das Rückenmark mit der Medulla oblongata zusammenhängt, steht seine Reizbarkeit auf einer hohen Stufe. Bei der allerdings nur geringen Zahl von Versuchen, die ich an dem mit dem Hirn verbundenen Rückenmark ausführte, zeigte sich schon der Einstich der Nadel sehr wirksam. Ob der Stich an dem Hals- oder Lendenmark, und an welchem Ort auf einer zur Längsaxe des Marks senkrechten Linie er ausgeführt wurde, stets folgten ihm Bewegungen des Rumpfs und der Gliedmaassen in Gestalt eines klonischen Krampfes. Dass diese einem Reflex gleichenden Bewegungen von der Rückenmarksfaserung selbst, nicht aber von Wurzelfäden ausgelöst sind, ist deshalb sicher, weil sie auch von einem Einstich hervorgerufen werden, der genau in der Mittellinie des von seiner Dura befreiten Markes eintrifft.

Wenn die Nadel dort, wo sie eingestochen war, verweilt, so beruhigt sich der krampfhafte Anfall nach kurzer Zeit, und es kann dann zu der Reizung mit unipolarer Induction geschritten werden. Auch gegen den elektrischen Reiz zeigt sich das Rückenmark während des bestehenden Zusammenhangs mit der Medulla oblongata weit empfänglicher als nach Aufhebung desselben; der Art nach stimmen jedoch die Erfolge bei beiden Zuständen des Marks überein. Ein Strom, der die Schwelle erstiegen hat, veranlasst nur Zuckungen in den Muskeln, deren Nerven nahe dem Ort der Reizung aus dem Marke entspringen, beispielsweise werden vom Halsmark aus durch eben wirksame Ströme nur die Muskeln des Halses und des Schulterblatts in Bewegung gesetzt; mit der steigenden Stärke des Stromes verbreitet sich die Bewegung, und zwar in bestimmter Folge, sodass nach dem Hals der Rücken, dann der Reihe nach der Schwanz, die

Oberschenkel und endlich der Unterschenkel in Bewegung kommen. Erst so starke Inductionsströme, von denen es zweifelhaft bleibt, ob sie ihre Wirkung auf das Rückenmark beschränken, rufen allgemeine krampfartige Bewegungen hervor, gleich den durch den Nadelstich bedingten.

Zur Erläuterung benutze ich die beiden folgenden Beobachtungen.

Beide Male war das Hirn in den Vierhügeln durchschnitten, also das Rückenmark und die Medulla oblongata in Verbindung. Gereizt wurde das Halsmark zwischen 3. und 4. oder 4. und 5. Wirbel. Ein Vorder- und ein Hinterbein waren mit dem Schreibzeug verbunden.

Beobachtung vom 22. Juni.

1. Halsmark gereizt.

Der Nadelstich bedingt allgemeine Zuckungen.

Durch Inductionsreiz bei R.-A. 160 bewegen sich nur die Muskeln des Schulterblatts.

bei R.-A. 140 bewegen sich alle Muskeln des Körpers, die der Hand schwächer als die des Beins.

2. Mark im obersten Lendenwirbel gereizt.

Der Nadelstich bedingt allgemeine Zuckungen.

Durch Inductionsreiz bei R.-A. 120 bewegen sich nur die Muskeln der Lendenwirbelsäule.

bei R.-A. 110 bewegen sich die Muskeln des Rückens und der Oberschenkel.

bei R.-A. 100 bewegen sich die Muskeln des Rückens, der Oberschenkel und der Unterschenkel, letztere schwach, der Arm bleibt in Ruhe.

Beobachtung vom 25. Juni.

Die Nadel wird auf der rechten Markhälfte 4mal eingestochen, stets allgemeine Bewegung; insbesondere aber eingestochen

0·0 mm von der Mitte entfernt, es bewegt sich die Hand schwach, der Fuss kräftig.

0.5 mm von der Mitte entfernt, es bewegt sich die Hand schwach, der Fuss sehr kräftig.

1.0 mm von der Mitte entfernt, es bewegt sich die Hand stark, der Fuss stark.

1·5 mm von der Mitte entfernt, es bewegt sich die Hand stark, der Fuss stark.

Auf einer weit niederen Stufe der Reizbarkeit findet sich das Rückenmark, nachdem es an seiner oberen Grenze durchschnitten ist; in dem

gleichen Zustand verharrt es dauernd bis zum Absterben des Thieres. — Der vordem so wirksame Nadelstich bringt nun, wohin er auch treffen mag, höchstens eine schwache Zuckung in den Muskeln hervor, deren Nerven nahe bei der gereizten Stelle entspringen, je nachdem der Schulter- oder Bauchmuskeln. — Gleiches gilt für den unipolaren Inductionsstrom. Ein Rollenabstand, der bei unversehrter Verbindung vom Hals- und verlängertem Mark den höchsten Erregungsgrad brachte, bleibt wirkungslos. Mit der Verschiebung der Reizschwelle wächst auch das Intervall zwischen Minimal- und Maximalreiz. In solchem Zustand eignet sich das Rückenmark vorzugsweise zur Prüfung der Abhängigkeit der Erregung von dem wachsenden Reiz.

An so beschaffenen Rückenmarken habe ich zahlreiche Versuche angestellt; von den gewonnenen Erfahrungen sollen zuerst die mitgetheilt werden, welche sich auf Beobachtungen im Bereiche des mittleren Halsmarkes beziehen — zwischen 2. und 3. oder 3. und 4. Halswirbel. — Da der Stichreiz, wie erwähnt, nicht ausreichte, so musste der Inductionsreiz zu Hülfe genommen werden. Nadelstiche wurden in Abständen von 0·5 oder 0·4 ^{mm} auf einer Linie senkrecht zur Längsaxe des Rückenmarks ausgeführt. Da die Stichführung verschiedentlich, von aussen, von innen, von der Mitte her begann, und an demselben Mark einige solcher Stichreihen hintereinander gelegt werden konnten, so kann ich voraussetzen, dass alle Orte des Halsmark-Querschnittes mit Einstichen versehen gewesen sind.

Die Erscheinungen, welche das gereizte Rückenmark nach seiner Trennung vom Hirn zu Tage förderte, wichen nicht wesentlich von den vor jener Operation vorhandenen ab.

So oft von irgend einem Einstich aus eine Hälfte des Halsmarks unipolar elektrisch gereizt wurde, trat ganz unabhängig von dem Orte des Einstichs ein sehr ähnliches, um nicht zu sagen gleichartiges Ergebniss hervor. Ladungen von eben wirksamer Stärke bedingen schwache Bewegungen der Hals- und oberen Schulterblattmuskeln; wächst die Stärke des Reizes weiter und weiter an, so verbreitet sich seine Wirkung fortschreitend über die Muskeln des Rückens, der Arme, des Nackens und endlich auch der Ober- und Unterschenkel; oft beschränkt sich die Bewegung auf die Seite, der auch die gereizte Markhälfte angehört, häufig insbesondere bei stärkeren Reizen verbreitet sie sich auch über die zweite Körperhälfte.

Indem ich nun zur Vorlegung einiger Blätter aus meinem Tagebuche schreite, muss ich nochmals bemerken, dass für die weitaus grösste Zahl der Muskeln die Bewegung mit dem Augenmaass bestimmt werden musste, ob und wie weit sie sich zusammengezogen hatten. In so fern es sich um eine sichere Antwort auf die belangreiche Frage handelt, wann sich die Wirkung des Reizes in einer oder in beiden Körperseiten äussert, kommen

deshalb nur die Muskeln in Betracht, welche ihre Verkürzungen aufzeichneten. Auf die Mittheilung der von ihnen stammenden Nachrichten werde ich mich darum beschränken.

Versuch am 17. April 1888. Reizung im Bereich des dritten Halswirbels, drei Stichreihen unteinander. Bei Rollenabstand 125 erreicht die Induction eine Stärke, bei welcher die unteren Gliedmaassen schwach, bei 115 eine solche, bei welcher sie stark zucken. Von 42 Reizen, welche auf die Unterschenkel wirken, bedingteu 42 die Zuckung des mit der gereizten Markhälfte gleichseitigen M. tibialis und 16 Reize die des anderseitigen Tibialis. — Die bei 125 Rollenabstand ausgegebenen Reize riefen nur den gleichseitigen, die von Rollenabstand 120 an aber zugleich den anderseitigen Muskel auf, auch dann, wenn die Nadel möglichst nahe dem Aussenrand des Seitenstranges stand: ebenfalls blieb das Ergebniss unverändert, wenn mit der Reizung der Markhälfte gewechselt wurde.

Versuch am 28. April 1888. Reizung im vierten Halswirbel. Während der Reizung der rechten Markhälfte am äusseren Rand zuckte unter 11 auf die Unterschenkel wirksamen Reizen der anderseitige, der linke, 11 Mal, der gleichseitige rechte 7 Mal. Die Schwelle für den linken Tibialis liegt bei Rollenabstand 125, für den rechten Tibialis bei Rollenabstand 120. Als der gleichseitige bei Rollenabstand 120 mit schwachen Zuckungen antwortete, zog sich der anderseitige sehr kräftig zusammen.

Die linke Markhälfte erwies sich weniger reizbar. Bei Rollenabstand 120 zuckte der linke Tibialis, erst bei Rollenabstand 95 beide.

Versuch vom 2. Mai 1888. Reizung zwischen 5 u. 6 Halswirbel. Rechterseits wurde, als während 16 Reizen die Unterschenkel bewegt wurden, jedes Mal der gleichseitige und nur zwei Mal der ungleichseitige Tibialis verkürzt; die Zuckung des ungleichseitigen Muskels war schwächer als die des gleichseitigen. Als von der linken Markhälfte aus 19 Mal die Unterschenkel erregt wurden, zuckte 15 Mal der anderseitige und nur 11 Mal der gleichseitige. Der anderseitige Muskel bewegte sich 8 Mal allein, der gleichseitige nur 2 Mal, ohne dass sich zugleich der rechte Tibialis verkürzt hätte.

Von allen Stichkanälen aus, welche senkrecht zur Längsachse des Rückenmarkes angelegt sind, liessen sich allerdings in der angegebenen Reihenfolge die Muskeln der verschiedenen Skelettheile durch die allmähliche Steigerung der Induction bewegen, doch nicht von allen Orten aus mit gleicher Leichtigkeit. Der Rollenabstand, bei welchem die Schwelle des Reizes überschritten wurde, blieb selten in zwei um 0·5 mm voneinander abstehenden Stichen der gleiche, bald waren die der Mitte näheren, bald die von ihr entfernteren die reizbaren. Häufig, doch keineswegs immer,

gelang es, von dem äussersten Rande des Seitenstranges aus die Muskeln des Fusses durch schwächere Ströme zu erregen, als von anderen der Mittellinie näher gelegenen Einstichen.

Von der Mittelfurche aus, wenn die Nadel durch die Commissuren gedrungen war, traten häufiger, als von anderswoher, Zuckungen in den Fussmuskeln beider Seiten auf, und wenn der eine M. tibialis sich bewegte, so bedurfte es nur geringer Verstärkung des Reizes, um auch den anderen zu erregen. Da jedoch der Verdacht bestehen bleibt, dass die Reizung sich stets auf die beiden Markhälften erstreckt habe, glaubte ich, die an der Mittellinie erzielten Ergebnisse nicht mit den von nur einer Markhälfte erlangten in gleiche Linie stellen zu dürfen. Abgesehen von den eben erwähnten verhielten sich jedoch die Folgen der Commissurenreizung ähnlich den aus dem Seitenstrang erlangten.

Eine beachtenswerthe Eigenthümlichkeit des Rückenmarkes, insbesondere des vom Gehirn getrennten, drückt sich in seiner Ermüdbarkeit aus. Sehr selten gelingt es von einem Stichkanal aus, die durch einen ersten Reiz hervorgebrachte Wirkung durch einen zweiten gleich starken abermals zu erzeugen. Um von demselben Ort aus wirksam zu werden, muss der Reiz stärker geworden sein. Damit man den gesammten Umfang der Wirkungen, welche von einem Stiche aus zu erhalten sind, ausnutzen könne, wird man die Reizung stets mit den schwächeren, eben wirksamen Inductionsströmen beginnen müssen. —

Für das Versagen des gleich starken Reizes bei seiner Wiederholung an demselben Ort darf nur die Ermüdung der in der unmittelbaren Nähe des Poles gelegene Markmasse verantwortlich gemacht werden, weil von einem zweiten, nahe beim ersten geführten Einstich aus, der eben unwirksam gewesene Reiz sich wiederum als ein erregender erweist.

Eine kleine Reihe von Versuchen, in welchen die Erfolge der Reizung des Halsmarkes mit denen des oberen Lendenmarkes verglichen wurden, ergaben ein in allen wesentlichen Punkten übereinstimmendes Verhalten. So lange das Rückenmark mit dem Hirn verbunden war, bedingte der Nadelstich in das von der Dura befreite Mark Bewegungen in allen Körperstücken, und als nach der Abtrennung des Rückenmarkes vom Hirn der Inductionsreiz angewendet wurde, da zeigte es sich, dass mit dem Wachsthum seiner Stärke auch die Erregung allmählich von oben nach unten fortschritt. Auf den schwächsten Reiz zuckten die oberen Abschnitte der Bauchmuskeln, auf den stärkeren schliesslich die Muskeln der Unterschenkel. Der Rollenabstand, bei welchem vom Lendenmark die Mm. tibiales zum Zucken gebracht wurden, bewegte sich in denselben Grenzen, die ihm für die gleiche Leistung vom Halsmark aus gesteckt waren, keinenfalls war es

möglich, mit einem Reiz von geringerer Stärke, als er vom Halsmarke aus nöthig gewesen, die Fussmuskeln vom Lendenmark aus zu bewegen.

Durch einen Inductionsstrom, dessen Stärke genügt hätte, um die Fussmuskeln vom oberen Ende des Lendenmarkes aus zu erregen, wurden Brust und Arm noch nicht in Bewegung gesetzt. Erst Strömen von merklich grösserer Stärke gelang es, auch die letztgenannten Körpertheile in den Kreis der Erregung zu ziehen.

In Anbetracht einer gemeinhin gültigen Annahme, wonach die Fasern des Rückenmarks ganz bestimmte Orte des Hirns und der Musculatur in Verbindung setzen, lautet die Auskunft befremdlich, welche die Versuche gegeben haben. — Ueber die Anordnung der genannten Verbindungsbahnen in den Marksträngen bestehen verschiedene Ansichten. Entweder die zu grösseren Körperabschnitten, z. B. dem Ober- oder Vorderarm u. s. w. gehörigen Fasermassen sind schon zu Bündeln zusammengelegt, es ist gleichsam die periphere Scheidung schon im Rückenmark vorgebildet. Oder es sind die den verschiedenartigsten Muskeln zugehörigen Fasern in einem innigen Gemenge vorhanden, so dass auf jedem Ort eines querdurchschnittenen Markstrangs die ihrer Function nach ungleichartigsten Fasern bei einander liegen, also auch, dass die Fasern für jeden einzelnen Muskel an den verschiedenen Orten des quergeschnittenen Markstrangs zu finden sind.

Dass mit einem Bau der Markstränge aus Bündeln ähnlich functionirender Fasern die Ergebnisse der Stichreizung unvereinbar seien, ist selbstverständlich, weil unter dieser Voraussetzung mit einem Wechsel des Ortes, an welchem der Querschnitt des Halsmarkes gereizt wird, sich auch Zahl und Namen der bewegten Muskeln ändern muss. — Ohne Weiteres ist jedoch auch das Ergebniss meiner Versuche nicht ableitbar, wenn auf jedem kleinsten Raume des Markschnittes die Vertreter aller möglichen Muskeln liegen. Aus einer solchen Anordnung würde sich ergeben, dass jeder wirksame Reiz unabhängig von seiner Stärke und dem Ort seines Eintreffens von qualitativ gleichem Erfolge begleitet sein müsste. Nun konnten allerdings auf jedem Orte des Markschnittes von der Nadel aus dieselben Wirkungen erzielt werden, aber mit den Steigerungen des Reizes fielen sie doch sehr verschieden aus. Darum wäre, wenn man die Folgen der Stichreizung als einen Beweis für die gleichmässige Mengung der motorischen Fasern in den Marksträngen ansehen wollte, der anatomischen Hypothese noch die physiologische beizugesellen, dass die Reizbarkeit der auf demselben Querschnitt des Marks gelegenen Fasern eigenthümlich abgestuft sei. Mehr als alle andern müssten die erregbar sein, deren Austritt aus dem Mark zunächst erfolgt.

Anstatt dass man, wie es eben geschah, die Wirkungen des Stiches von einer unmittelbaren Reizung motorischer Fasern ableitet, kann man die Bewegungen auch als reflectorische ansehen. Mit dieser Unterstellung fällt eine Schwierigkeit von selbst weg, die andernfalls schwer zu beseitigen sein würde. Sehr verschieden an Reizbarkeit war das Rückenmark vor und nach seiner Abtrennung vom Hirn, ein Verhalten, wofür im Bereich der rein motorischen Bahnen kein Analogon vorliegt, wohl aber im reflectorischen Gebiet. Nach der Zerschneidung der Vierhügel rufen auch leichte Reizungen eines jeden sensibeln Nerven lebhafte, allgemein verbreitete Reflexbewegungen hervor, während nach Durchtrennung des Halsmarkes an seiner obersten Grenze schwächere Reizungen der Haut Bewegungen in benachbarten Muskeln bedingen.

Zudem kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die Bewegungen der vorderen Gliedmaassen reflectirte sind, welche ein Nadelstich in das Lendenmark hervorruft, das noch in Verbindung mit dem verlängerten Marke steht. Und wenn der Einstich unter diesen Umständen durch Vermittelung der Sensibilität Bewegung auslöst, so ist nicht einzusehen, warum ihm das gleiche versagt bliebe, nachdem dem Rückenmark an einer vom gereizten Orte weit entlegenen Stelle unter dem Calamus eine Verletzung zugefügt worden ist.

Unter Berücksichtigung der Thatsache, dass alle in gleicher Horizontalebene ausgeführten Stiche gleichartige Erfolge bedingen, wird die Annahme, dass die durch den Einstich hervorgerufene Bewegung eine reflectirte sei, erst dann haltbar, wenn noch eine weitere Voraussetzung zurecht besteht. Noch wird verlangt, dass jeder Abschnitt des von seiner Dura befreiten Rückenmarkes überall auf seinem Querdurchmesser von empfindlichen Fasern durchsetzt sei, welche alle andern an Reizbarkeit übertreffen und im gereizten Zustand Reflexe von einer Form und Stärke auslösen, wie die Nerven, welche auf der gleichen Höhe vom Rückenmark entspringen.

An einer inneren Unwahrscheinlichkeit leidet die Voraussetzung nicht. Denn dass ein Reiz, der die dem Halsmark selbst angehörigen sensibeln Nerven trifft, ähnliche Bewegungen veranlasst, wie ein von der Haut des Halses her wirkender, kann bei der Nähe der gereizten Stellen nicht anders erwartet werden, weil die Reflexbewegungen als abwehrende auftreten, die sich auf den angegriffenen Ort beziehen.

Eine andere Deutung fordern und vertragen die Bewegungen, welche durch stärkere und wiederholte Inductionsreizung hervorgerufen sind. So oft die mit Schreibstiften versehenen Muskeln von dem elektrischen Strom erregt wurden, geriethen sie in einen Tetanus, wie er sich auch nach der unmittelbaren Reizung einer motorischen Bahn ausbilden würde. Wenn aber der Tetanus nicht vermittelst eines Reflexes, wenn er einer unmittel-

bar erregten motorischen Bahn seinen Ursprung verdankt, so muss die letztere im Rückenmark selbst liegen. Hierfür liefert das regelmässige Vorkommen den Beweis, dass der Tetanus eine Minute und länger dies Bestehen der Reizung überdauert. — Auch weisen die Unebenheiten der niedergeschriebenen Curve auf einen Wechsel in dem Umfang der Zusammenziehung hin; ob derselbe ebenfalls auf Eigenthümlichkeiten des Rückenmarks oder auf Ungleichheiten der Reizstärke beruht, muss jedoch unentschieden bleiben.

Damit schliesse ich den kurzen Bericht über eine Untersuchung, die mich während eines Jahres beschäftigt hat; ein nicht unbedeutender Theil dieser Zeit ist der Verbesserung der Methoden gewidmet gewesen, ohne dass die angestrebte Vollkommenheit erreicht worden wäre. Darum kann ich nur wünschen, es möchte von Neuem mit noch weiter vervollkommneten Hülfsmitteln die Nadelreizung des Rückenmarks aufgenommen werden.

Ueber den Herzmuskelton.

Von

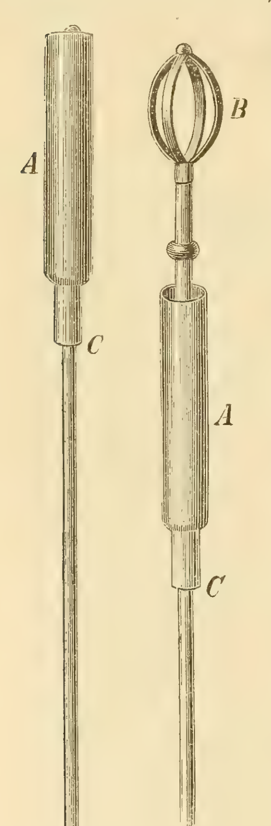
Dr. Ludolf Krehl.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

Gleichzeitig mit Beginn der Ventrikelcontraction hört man einen Ton, welcher entsteht durch die Zusammenziehung des Herzmuskels, die Spannung der Atrioventricularklappen und die der Aorten- und Pulmonalarterienwände. Welchen quantitativen Antheil jeder einzelne dieser Factoren an der Bildung des Tones hat, darüber wird nicht eher eine Einigung erzielt werden, als bis es gelingen wird, die Intensität des Gesammttones und der Theiltöne zu messen. Die Versuche, welche zu diesem Zwecke mit empfindlichen Flammen und mit dem Mikrophon angestellt wurden, blieben leider erfolglos. Man ist also jetzt noch für die Beurtheilung der Intensität lediglich auf das Ohr angewiesen, und mit diesem konnte man wenigstens eine sichere Beziehung der einzelnen Componenten zum Gesammtton feststellen. Durch die Versuche von Ludwig und Dogiel wissen wir, dass unter Umständen, unter denen sowohl die Anspannung der Atrioventricularklappen als auch die der Gefässwände unmöglich ist, der erste Herzton noch deutlich gehört wird. Dieser Ton ist von langer Dauer und entsteht entweder wie der Tetanuston der Skeletmuskeln oder durch die gegenseitige Zerrung der verschiedenen Muskelschichten bei der Herzcontraction. Die Versuche sind eindeutig und es kann auf Grund derselben mit Sicherheit behauptet werden, dass die Muskelcontraction den Hauptantheil zur Bildung des ersten Herztones liefert. Gegen diese Behauptung wurde von Traube die häufig vorhandene Undeutlichkeit des Tones in Fällen von Insufficienz der Aortenklappen geltend gemacht: dieser Befund beweise die vorwiegende oder ausschliessliche Bildung des Kammertones durch Spannung der Atrioventricularklappen. Da dieser Befund durchaus nicht constant ist, da er

ferner gewonnen wurde an Herzen, deren Verhältnisse bezüglich der Klappen und Musculatur verwickelte und im wesentlichen noch dunkle sind, ist er nicht geeignet, das klare Ergebniss eines einfachen Versuches zu erschüttern, besonders bei unserer geringen Einsicht in das Wesen der Membrantöne. Dieser Einwurf Traube's spricht, ebenso wie seine übrigen Forschungen über die Herztöne, nicht gegen die Existenz des Muskeltones, sondern nur für die Bedeutung von Klappentönen.

In dem ersten der Versuche von Ludwig und Dogiel unterschied sich der Ton des ausgeschnittenen Herzens „nur durch seine Länge und geringere Intensität“ vom normalen Herzton; am Herzen, dessen zuführende Gefässe im Thorax durch Schlingen zugehalten wurden, war der erste Ton lauter als im ersten Versuch, doch war daneben noch ein leiser zweiter Ton zu hören; in diesem Falle enthielt also das Herz noch geringe Mengen von Blut. Um jeden Einwand gegen den Versuch zu beseitigen, und um den Ton eines Muskels zu erhalten, der frei ist von Circulationsstörungen, sollte versucht werden, am Herzen lediglich das Spiel der Atrioventricularklappen aufzuheben. Gelingt das, so ist man sicher vor dem Einwurf, dass in den früheren Versuchen doch noch eine Anspannung der Vorhofsklappen durch geringe Blutmengen stattgefunden habe.



Der kleine Apparat, den man zur Ausschaltung der Atrioventricularklappen verwendet, ist so eingerichtet, dass man in der Röhre *A* die aus vier Stahlfedern bestehende Krone *B* hin und her schieben kann; bei *C* ist mit Kautschuk ein wasserdichter Verschluss hergestellt. Sobald die Federkrone aus der Röhre *A* ausgetreten ist, breitet sie sich vermöge ihrer Federkraft auseinander.

Der Thorax eines mittelstarken Hundes wird nach Baxt's Methode in der Mittellinie geöffnet, der Herzbeutel wird eingeschnitten und an die auseinandergezogenen Thoraxwände angenäht. Die Röhre *A* wird mit Kochsalzlösung gefüllt und während die Federkrone in sie eingezogen ist, vom Herzohr aus in den Vorhof eingeführt. Man unterbindet die Aurikel tief mit einer Schlinge, schneidet sie an einer Fläche an, zerstört stumpf die Trabekeln und führt die Röhre ein, auf welche die Wand des Herzohres aufgebunden wird. Sobald dies geschehen ist, löst man die Schlinge. Dann schiebt man die Röhre soweit

vor, dass ihre vordere Grenze am Atrioventricularring steht und kann nun beliebig die Federkrone aus der Röhre hervor in den Ventrikel hineinschieben, so dass die Spannung der Klappen unmöglich wird, oder in die Röhre zurückziehen, so dass die Klappen wieder functioniren können. Ob der Apparat in jeder Stellung gelegen hat, wie man es wünschte, lehrt die Section.

Ein solches kleines Instrument wird in jedes Herzohr eingebunden. Der, welcher auscultirt, benutzt ein Stethoskop, an dem von einem Trichter aus Hartgummi zwei Gummischläuche mit Ansatzstücken für die Ohren abgehen. Dieses kann man fest in das Herz eindrücken und bei einiger Uebung Nebengeräusche, welche durch Anschlagen des Herzens an den Trichter des Hörrohres entstehen, ausschalten. Um ganz unbeeinflusst zu sein, wendet der Auscultirende das Gesicht ab und ein Gehilfe schiebt abwechselnd beide Federkronen vor in die Ventrikel oder zieht sie aus ihnen zurück. Wenn der Auscultirende weiss, dass die Federkronen in die Ventrikel vorgeschoben sind, so hat er den Eindruck, als ob der Kammerton dumpfer und etwas schwächer klinge, weiss er von der Stellung der Federn nichts, so ist es unmöglich, aus der Art des Tones allein sicher zu schliessen, ob die Klappen functioniren oder nicht. Mehrere Aerzte, die im Auscultiren geübt sind, wurden zur Prüfung herangezogen, und alle erhielten dasselbe Resultat. Niemand konnte an Stärke oder Klang des ersten Herztones mit Sicherheit unterscheiden, ob einfacher oder combinirter Ton vorlag. Dieser Versuch bestätigt die Resultate der Ludwig-Dogiel'schen Versuche.

Eine andere Bestätigung des Muskeltones wurde zufällig gefunden. Wenn man Hunde durch die Carotiden verblutet, so hört man, sobald eine beträchliche Menge Blut ausgeflossen ist, den zweiten Herzton nicht mehr, dagegen den ersten noch eine Zeit lang, und sogar auffallend laut, weiter. Dann kurz vor dem Tode des Thieres, wenn das Herz nur noch schwach schlägt, wird er schwächer, unrein und verschwindet bald. Dieser Versuch, welcher bei allen Thieren, die verblutet wurden, dasselbe Resultat ergab, beweist wiederum, dass über den Ventrikeln zu einer Zeit, in der wegen Blutmangels die Klappen nicht mehr gespannt werden können, noch ein sehr lauter, sogar auffallend lauter Ton hörbar ist.

Auch die klappenlosen Vorhöfe tönen bei ihrer Contraction. Wenn am blossgelegten Herzen des Hundes oder Kaninchens die Musculatur der Ventrikel in das sogenannte „Muskelgewühl", regellose fibrilläre Zuckungen geräth, abstirbt, so schlagen die Vorhöfe meist noch lange Zeit ruhig im alten Rhythmus weiter. Auscultirt man nun den rechten Vorhof (er eignet sich seiner Lage wegen besser als der linke) und schaltet man die Geräusche, die durch Anschlagen des sich bewegenden Vorhofes an das

Stethoskop entstehen, aus, so hört man bei jeder Zusammenziehung des Vorhofes einen Ton ganz vom Charakter des Herzmuskeltones, nur schwächer.

Diese Thatsache wirft vielleicht ein neues Licht auf die Entstehung des Galopprhythmus. Er besteht bekanntlich in dem Auftreten eines dritten schwachen Tones kurz vor dem ersten Herzton; der neue pathologische Ton ist also zweifellos hörbar am Ende der Diastole und ist meist schwächer als der erste Herzton. Während die Erscheinung selbst allgemein als Symptom von Herzschwäche angesehen wird, hat ihr Zustandekommen die verschiedensten Erklärungen erfahren, von denen keine befriedigt. Johnson hält den neuen Ton für den Muskelton des linken Vorhofes, allerdings ohne einen thatsächlichen Anhalt dafür zu haben — und ebenso bringt Schreiber die gespaltenen systolischen Töne mit den Vorhöfen in Zusammenhang. Auf diese Erklärung musste man kommen, wenn man weiss, dass ein Vorhofston in der That existirt. Wie sich die Schallverhältnisse der Vorhöfe an gesunden Herzen verhalten, ist vor der Hand nicht zu sagen. Man wird Galopprhythmus hören, wenn der Rhythmus, in dem Vorhöfe und Ventrikel schlagen, gestört ist, wenn ein — hypertrophischer? — Vorhof sich so zeitig contrahirt, dass sein Ton für unser Ohr von dem der Ventrikel abgrenzbar ist. Dass der Rhythmus, in dem Vorhöfe und Ventrikel schlagen, bei Beschädigungen des Herzens leicht verändert wird, ist Thatsache, wie man bei Thierversuchen sieht. Man wird nach dieser Erklärung des Galopprhythmus noch viel mehr Ursache als bisher haben, denselben für ein Sympton von schwerer Schädigung des Herzens zu halten.

Für die Frage, ob die Herzcontraction eine Zuckung oder ein Tetanus sei, ist der Muskelton nicht entscheidend. Einmal ist schon früher darauf hingewiesen worden, dass man, falls sie eine Zuckung ist, die Entstehung des Tones erklären kann durch die gegenseitige Zerrung der Muskelfasern; und dann hat neuerdings Mac William gefunden, dass auch bei den einachen Zuckungen der willkürlichen Körpermuskeln ein Ton entsteht.

Litteratur.

Ludwig und Dogiel, Ein neuer Versuch über den ersten Herzton. *Berichte der K. S. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig.* 1868. XX.

Bayer, Ueber die Entstehung des ersten Herztones. *Archiv der Heilkunde.* 1869. X.

Derselbe, Weitere Beiträge zur Frage über die Entstehung des ersten Herztones. *Archiv der Heilkunde.* 1870. XI.

Fraentzel, Ueber Galopprhythmus am Herzen. *Zeitschrift für klinische Medicin.* 1881. III.

Niemeyer, Ueber die Entstehung des ersten Herztones. *Deutsche Klinik.* 1869. Bd. XXI.

Traube, Ueber zwei eigenthümliche Phänomene bei Insufficienz der Aortenklappen. *Beiträge zur Physiologie und Pathologie.* Bd. II, S. 793.

Cuffer et Guinon, De quelques modalités du bruit de galop. *Revue de médecine.* 1886. VI.

Wintrich, Ueber Causation und Analyse der Herztöne. *Sitzungsberichte der physikalisch-medicinischen Societät zu Erlangen.* 1875. 7. Heft.

Johnson, *Lancet.* 1876.

Schreiber, Beiträge zur physikal. Diagnostik der Herzkrankheiten. *Deutsches Archiv für klinische Medicin.* XX.

Vierordt, *Diagnostik der inneren Krankheiten.* Leipzig 1888.

Mac William, Ueber das Muskelgeräusch. *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1887.

Plethysmographische Beobachtungen am Frosche.

Von

Dr. Jos. Katzenstein.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

Zu Ende der Sommersemesters 1887 und im Februar 1888 habe ich eine Anzahl plethysmographischer Versuche an Fröschen angestellt, deren Ergebnisse mir der weiteren Verfolgung werth erscheinen und über welche ich daher nachfolgend in Kürze berichten will.

Plethysmogramme von Kaltblütern sind meines Wissens in Europa bisher nicht angefertigt worden, weil bei der Kleinheit der einheimischen Species die Aufgabe zu schwierig erschienen sein mag. F. W. Ellis in Boston hat gezeigt,[1] dass unter Anwendung geeigneter Vorrichtungen die Volumschwankungen und Volumpulse eines Froschbeines (Rana mugiens?) aufgeschrieben werden können. Später hat derselbe einen Plethysmographen beschrieben,[2] welcher sehr kleine Aenderungen des Volumens zu messen gestattet. Die Versuche mit diesem Instrumente nochmals aufzunehmen, schien schon deshalb gerathen, weil Ellis sehr wechselnde Ergebnisse zu verzeichnen hatte. Durch Hrn. Dr. v. Frey wurde ich darauf aufmerksam gemacht, dass die Jahreszeit oder, mit anderen Worten, die Lebensbedingungen des Frosches einen beträchtlichen Einfluss ausüben könnten.

Ich habe meine Versuche an Rana esculenta und temporaria ausgeführt und mich eines Verfahrens bedient, welches in allen wesentlichen Theilen dem von Ellis nachgebildet war; doch habe ich mich bestrebt, einige, seinem Instrumente anhaftende Mängel zu vermeiden. Der von mir

---

[1] Plethysmographic and vasomotor experiments with frogs. *Journal of Physiology.* VI. p. 437.

[2] Description of a piston-recorder etc. L. c. VII. p. 309.

benützte, in Fig. 1 abgebildete Apparat besteht aus folgenden Stücken: Die Glasröhre *G* ist innen drehrund und gleichweit geschliffen, und in ihr bewegt sich mit Leichtigkeit ein Kolben aus Bein, dessen luftdichtes Gleiten durch einen Tropfen Olivenöl gesichert ist. Durch eine ringförmige, mit Oel gefüllte Rinne in der Mitte des Kolbens wird die Reibung vermindert und der Kolben mit einem kleinen Vorrath von Oel ausgestattet, was bei grösseren Excursionen und länger dauernden Versuchen von Werth ist.

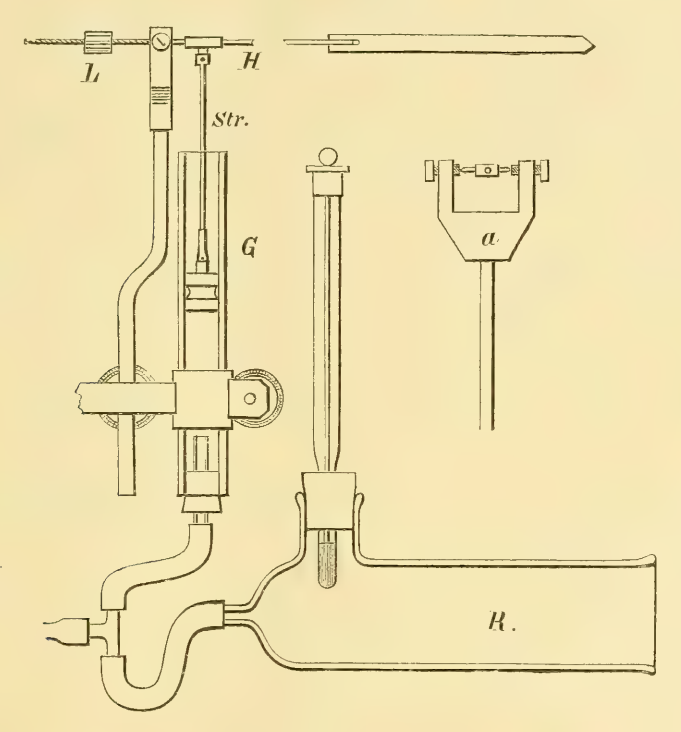


Fig. 1.

Plethysmograph für Versuche an Fröschen, $^1/_3$ der natürlichen Grösse.
K = Froschbehälter; *G* = Glasröhre; *Str.* = Strohhalm als Verbindungsstück zwischen Kolben und Schreibhebel; *H* = Schreibhebel; *a* = Axe des Schreibhebels von vorne.

Der Strohhalm *Str.*, welcher als Verbindungsstück zwischen dem Kolben und dem Schreibhebel *H* dient, trägt an beiden Enden sehr kleine und leichte Charniergelenke, deren Axen sowohl unter sich als mit der Axe des Schreibhebels parallel sind. Diese gelenkige Verbindung kann kaum entbehrt werden, wenn der Kolben in allen Lagen gleich beweglich bleiben soll. Der Schreibhebel ist doppelarmig, möglichst leicht und mit breitem, in Spitzen gehenden Querstück als Axe. Der hintere Arm trägt zur

Aequilibrung das Laufgewicht L, durch ein feines Schraubengewinde verstellbar. Der vordere Arm wird von einem Strohhalm gebildet, welcher einen mehrere Millimeter breiten, papierdünn geschabten Streifen einer Federpose trägt. Das zugespitzte, freie Ende des Streifens wird mit einer warmen Nadel umgebogen und lässt sich mit äusserst geringer Reibung an die berusste Trommel anlegen, auf welcher sie eine zarte Spur zurücklässt.

Die beiden Hinterbeine des schwach curarisirten Frosches werden in gestreckter Stellung und mit zurückgeschlagenen Pfoten bis zu der Höhe des Beckens in eine weite Glasröhre R geschoben, von welcher man zweckmässig mehrere Grössen vorräthig hat. Die Ränder der Röhre dürfen keinen Druck auf die Schenkelmusculatur ausüben, aber auch nicht zu weit von ihr abstehen, weil sonst der luftdichte Abschluss erschwert wird. Derselbe wird bewerkstelligt durch einen dünnwandigen Kautschukschlauch von etwas geringerer Weite als das Rohr R, von welchem ein 2 bis 3 ^{cm} langes Stück Anfangs ganz auf das Rohr geschoben, später aber, nach Einbringung des Thieres soweit über den Rand vorgestossen wird, dass die Haut des Thieres ringsherum berührt wird. Auf diesen Theil der Vorbereitung muss grosse Sorgfalt verwendet werden. Ein sehr geringer Druck von Seiten des Kautschukschlauches genügt schon, um die Circulation in den Beinen zum Stillstand zu bringen, während bei ungenügender Berührung, sowie durch Falten der Froschhaut der Abschluss leicht undicht werden kann und in Folge dessen eine Uebertragung der Volumschwankungen auf den Kolben unterbleibt. Es bedarf übrigens nur kurzer Uebung, um die angedeuteten Fehler zu vermeiden, so dass schliesslich der Versuch an jedem Thiere ohne Ausnahme gelingt. Der Froschbehälter R trägt ferner einen weiten Tubulus zur Aufnahme eines Thermometers und verschmächtigt sich dann zu einer feinen Glasröhre, welche durch einen engen Kautschukschlauch nebst **T**-Rohr mit dem Kolbenraume communicirt. Das Querstück des **T**-Rohres wird erst unmittelbar vor dem Versuch, wenn die Lagerung des Thieres endgültig erledigt ist, durch eine P r a v a z'sche Spritze geschlossen. Ebenso wird sofort nach Beendigung des Versuches hier der Luftraum wieder geöffnet, weil sonst der empfindliche Schreibapparat durch kleine Verschiebungen des Thieres schon in heftige Bewegung geräth. Die Spritze dient dazu, den Schreibhebel rasch auf eine beliebige Abscisse, insbesondere auf die horizontale Lage einzustellen.

Die Dimensionen meines Apparates sind derartig bemessen, dass bei 15facher Vergrösserung der Kolbenbewegungen 1 ^{mm} der Curvenordinaten einer Volumenänderung von 3·15 ^{cbm} entspricht, in den Grenzen, innerhalb welcher sie den Kolbenbewegungen proportional gesetzt werden dürfen. Da der Apparat gewissermaassen ein registrirendes Luftthermometer darstellt,

so muss, um Störungen der Versuche zu vermeiden, raschen Temperaturschwankungen vorgebeugt werden. Zu dem Ende wurde das Rohr nach vollendeter Lagerung des Thieres mit Watte umhüllt und schliesslich ein Pappkasten darübergestülpt, aus welchem nur das Kopfende des Thieres, sowie das Thermometer hervorragte. Letzteres giebt dann Auskunft, ob ein allmähliches Steigen oder Sinken der Schreibspitze von Aenderungen der Temperatur bedingt ist.

Die Curven, welche ich erhalten habe, zeigen zweierlei Schwankungen: regelmässig wiederkehrende, kleine Wellen von gleicher Periode mit dem Herzschlag, also Volumpulse, nach der Bezeichnung, welche v. Kries vorgeschlagen hat.[1] Zweitens grössere Schwankungen von unregelmässiger Dauer, Amplitude und Form. Dieselben können kaum als etwas anderes, denn als Ausdruck wechselnder Gefässinnervation angesehen werden. Ein Einfluss der Athembewegungen auf die Füllung des arteriellen Systems hat sich beim Frosche nicht nachweisen lassen[2] und war hier um so mehr ausgeschlossen, als die meisten Thiere so tief curarisirt waren, dass die Athembewegungen sistirten. Dadurch wurde auch eine einfache mechanische Uebertragung der Athmung von den Bauchdecken auf die eingehüllten Beine verhindert. Für die Annahme, dass es sich um vasomotorische Störungen handelt, sprechen die Reizungsversuche, über welche sogleich berichtet werden soll.

Was die Volumpulse betrifft, so sind sie, wie zu erwarten, im Sommer viel häufiger als im Winter. Bei den Sommerfröschen beobachtete ich in 23 Zählungen, aus vier Versuchen stammend, zehn Pulse in 4·9 bis 8·6, im Mittel in 6·5 Secunden. Bei den Winterfröschen, in 48 Zählungen aus sieben Versuchen, zehn Pulse in 13·1 bis 22·1, im Mittel 17·8 Sec., also etwas weniger als das Dreifache der Zeit. Die Volumpulse sind im Winter nicht nur seltener, sondern, bei Thieren gleicher Grösse, auch höher als im Sommer. Ich habe sie nur ausnahmsweise unter 2^{mm} hoch, in der Regel höher, bis zu 5^{mm} gefunden, entsprechend Volumschwankungen von 6 bis $15 \cdot 5^{cbm}$. Im Sommer habe ich nur zweimal vorübergehend grosse Excursionen bis zu 2^{mm} gesehen. Meistens betragen sie nur Bruchtheile eines Millimeters. Dies würde bedeuten, dass durch den einzelnen Herzschlag im Winter eine grössere Blutmenge ausgeworfen wird als im Sommer, wenn man voraussetzen dürfte, dass die Geschwindigkeit in den Venen oder, was dasselbe ist, die mittlere Blutgeschwindigkeit stets dieselbe bleibt. Eine solche Voraussetzung ist indessen wenig wahrscheinlich angesichts des geringen Stoffumsatzes, welcher dem winterschlafenden Frosche zugeschrieben

[1] *Dies Archiv.* 1887. S. 254.

[2] C. Gompertz, *Dies Archiv.* 1884. S. 242.

werden muss. Die Möglichkeit, dass die geringere Schlagzahl des Herzens durch eine grössere Füllung bis zu einem gewissen Grade compensirt wird, ist aber durchaus nicht ausgeschlossen.

Die Volumpulse habe ich stets monokrot gefunden, am Gipfel etwas abgeflacht, den absteigenden Ast weniger steil als den aufsteigenden. Nach dem einfachen Verfahren, das Fick[1] angegeben hat, aus einer gezeichneten Curve die abgeleitete zu construiren, habe ich versucht, die Curve des Geschwindigkeitspulses aus dem Volumpuls herzustellen. Zu dem Ende habe ich mit Hülfe des Mikroskopes und der Zeichnungscamera ein etwa zwanzigfach vergrössertes Bild der Volumcurve auf Papier entworfen und dann die Werthe der Tangenten für so viele Punkte bestimmt, dass die Geschwindigkeitscurve ausgezogen werden konnte. Fig. 2 zeigt die beiden Curven über einander gezeichnet. Die Geschwindigkeitscurve zerfällt in einen positiven Theil, d. h. in einen Abschnitt, wo die Geschwindigkeit in der Arterie grösser ist als in der Vene, und in einen negativen Theil, wo das Umgekehrte gilt. Die beiden Theile sind ziemlich gleich an Dauer und Gestalt, was aus der nahezu symmetrischen Form der Volumcurve schon durch den Augenschein gefolgert werden muss. Von den verwickelten Formen, welche die analogen, von Fick abgeleiteten und durch v. Kries direct registrirten Geschwindigkeitspulse des Menschen zeigen, ist beim Frosche kaum eine Andeutung zu finden. Eine Vergleichung mit Druckpulsen vom gleichen Thiere wäre erwünscht.

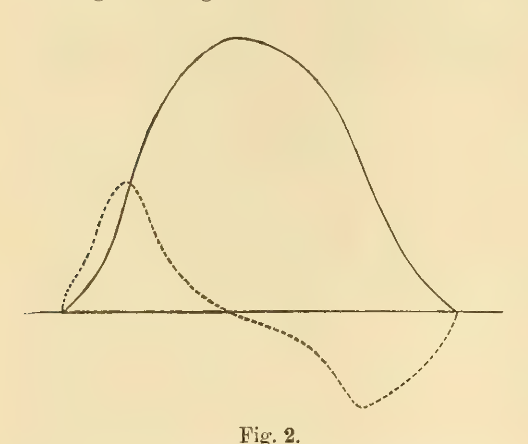


Fig. 2.
Volumpuls und abgeleitete Geschwindigkeitscurve eines Winterfrosches.

Mit dem plethysmographischen Versuch lässt sich eine Reizung der Nervi ischiadici verbinden. Da die Kautschukmanschette nur bis gegen die Afteröffnung reicht, so bleibt die Kreuzbeingegend zur Operation frei. Man spaltet die Rückenhaut in der Medianlinie, stillt eventuelle Blutungen mit einem glühenden Drahte, durchtrennt die Rückenfascie in der ganzen Länge des Kreuzbeines und befreit letzteres rechts und links von den anhängenden Muskelmassen — am besten mit einem stumpfen

[1] *Verhandlungen der medicinisch-physikalischen Gesellschaft zu Würzburg.* 1886.

Instrument. Nun kann das ganze Kreuzbein entfernt werden, indem man es zuerst an seinem oberen, sodann am unteren Ende mit der Scheere durchtrennt, wobei man Bedacht nehmen muss, die Aorta nicht zu verletzen. Mit einiger Uebung lässt sich die Operation ohne Blutverlust ausführen und man gewahrt in der Tiefe der langen, spaltförmigen Wunde zu beiden Seiten der Aorta die Wurzeln der Nn. ischiadici. Ohne Schwierigkeit lassen sie sich einzeln oder zusammen durchschneiden und soweit aus der Wunde herausheben, dass sie vollkommen isolirt gereizt werden können. In der Regel habe ich beide Nerven über ein Elektrodenpaar gebrückt und sie eine halbe bis zwei Secunden mit tetanischen Inductionsströmen gereizt. Bei Reizung nur eines Nerven sind die Erfolge gerinfügiger, aber, soviel ich sehen konnte, nicht abweichend. Ebenso sind mir wesentliche Unterschiede zwischen der Wirkung des rechten und linken Nerven nicht aufgefallen. Dagegen zeigte sich auch hier wieder ein abweichendes Verhalten bei Sommer- und Winterfröschen.

Bei den Sommerfröschen rief Reizung eines oder beider Nn. ischiadici bald Volumvermehrung, also Gefässerweiterung,[1] bald Volumenverminderung, d. i. Gefässverengerung, hervor oder auch beides auf einen Reiz, indem die beiden Phasen hinter einander folgten. Erweiterungen waren viel leichter zu erzielen als Verengerungen, letztere nur durch stärkere oder länger dauernde Reize, eine Erfahrung, welche mit den Beobachtungen von Bowditch und Warren[2] und ebenso mit denen von Ellis im Einklang steht. In meinem Falle wurde die Deutung der Versuche durch die verhältnissmässig rasche Ermüdung der Gefässnerven sehr erschwert. Es wird durch dieselbe nicht allein der absolute Werth der Reizerfolge, sondern unter Umständen auch ihr Charakter verändert dergestalt, dass Reize, welche ursprünglich Erweiterungen herbeiführten, später Verengerungen ergeben. Ich müsste über eine viel grössere Zahl von Beobachtungen verfügen, um allgemeine Regeln aufstellen zu können.

Bei den Winterfröschen waren die Ergebnisse der Reizungen noch unsicherer. Ich habe Erfolge, in einem Versuche (4. II) deutliches Sinken, in einem anderen (11. II) deutliches Steigen der Curve, nur bei sehr starken tetanischen Reizen gesehen. Die nöthige Reizstärke war fast genau doppelt so gross als im Sommer, indem ich bei gleichem Rollenabstande zweier Elemente im primären Kreise bedurfte. Vier Versuche mit Reizungen

---

[1] Die Annahme, dass es sich um Wärmeentwickelung in den Muskelmassen der Froschbeine handelt, hervorgerufen durch den Nervenreiz, dürfte sich kaum auf Thatsachen stützen lassen. Am Säugethier ist es wenigstens Meade Smith nicht gelungen, Wärmebildung zu beobachten, sobald die Muskeln durch Curare gelähmt waren. *Dies Archiv.* 1881. S. 105.

[2] Plethysmographic Experiments etc. *Journal of Physiology.* VII. p. 416.

gaben keinerlei Erfolg und in einem siebenten, bei welchem ich die Nerven mit constanten Strömen zu reizen suchte, waren die Erscheinungen so geringfügig, dass ihre Deutung zweifelhaft blieb. Da andererseits Kettenströme bei den Nerven der Sommerfrösche deutlich wirkten, so dürfte der Einwand, dass die Gefässnerven der Winterfrösche andere Reizmittel verlangten, an Gewicht verlieren. Es besteht somit eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass der Winterfrosch verhältnissmässig wenig erregbare Gefässnerven besitzt, worauf bei künftigen Versuchen Rücksicht zu nehmen wäre.

Zur Kenntniss der Absorptionsverhältnisse verschiedener Haemoglobine.

Von

Prof. Dr. Severin Jolin
in Stockholm.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Kopenhagen.)

Wie bekannt, hat Bohr[1] mit Anwendung einer neuen absorptiometrischen Methode untersucht, in welchem Verhältnisse sich die dissociablen Verbindungen zwischen Haemoglobin und Sauerstoff, ebenso wie zwischen Haemoglobin und Kohlensäure bei niedrigen Drucken spalten, oder mit anderen Worten, in wie fern das Vermögen des Blutfarbstoffes, die genannten Gase in loser chemischer Bindung zu halten, sich mit dem Drucke verändert. Er hat dabei gefunden, dass dieses Vermögen gar nicht proportional mit dem Drucke des Gases abnimmt, sondern dass es sich zuerst sehr langsam, bei sehr niedrigen Drucken (unter 20 bis 30 ^{mm}) aber sehr schnell vermindert. Bei graphischer Darstellung also, wenn man die Drucke als Abscissen, die von 1 ^{grm} Haemoglobin absorbirten Gasmengen als Ordinaten aufführt, liegen die Ordinatenwerthe nicht auf einer geraden Linie, sondern auf einer gegen die Abscissenaxe concaven Curve, deren Form übrigens beim Sauerstoff ganz verschieden ist von der bei der Kohlensäure.

Bei diesen Untersuchungen hat Bohr ausschliesslich Hundeblut-Haemoglobin angewandt. Es konnte aber von Interesse sein, zu untersuchen, ob andere Haemoglobine, insbesondere solche, die durch Krystallform u. s. w. vom Hundeblutfarbstoffe erheblich abweichen, auch wesentlich verschiedene Absorptionsverhältnisse darbieten. Auf Hrn. Prof. Bohr's Anregung und

---

[1] *Experimentelle Untersuchungen über die Sauerstoffaufnahme des Blutfarbstoffes.* Kopenhagen 1885. — Ueber die Verbindung des Haemoglobins mit Kohlensäure. Ludwig's *Festschrift.* 1886.

unter seiner Leitung habe ich daher das Verhalten zweier anderer Haemoglobine zu den oben genannten Gasen untersucht und zwar das Meerschweinchen-Haemoglobin, welches freilich auch wie das Hunde-Haemoglobin im rhombischen Systeme, aber, wie bekannt, in ganz anderen, ausgeprägt tetraëdrischen Formen krystallisirt, und das Gänse-Haemoglobin, um auch die bezüglichen Verhältnisse eines aus kernhaltigen Blutkörperchen dargestellten Haemoglobins kennen zu lernen.

Die Darstellung des Meerschweinchen-Haemoglobins, das bekanntlich sehr leicht krystallisirt, geschah so, dass das aus den freigelegten und durchschnittenen Carotiden abgelassene Blut defibrinirt, durch feine Leinwand colirt und mit der neunfachen Menge 0·7 procentiger Kochsalzlösung verdünnt wurde. Aus dem so vorbereiteten Blute wurden die Blutkörperchen durch Centrifugiren gesondert, das Kochsalzserum decantirt, die Blutkörperchen auf's Neue mit physiologischer Kochsalzlösung ausgerührt und centrifugirt und dieses Verfahren noch zweimal wiederholt. Vor dem letzten Centrifugiren wurden die verschiedenen Portionen der Blutkörperchen in demselben Rohre zusammengeführt, centrifugirt, die überstehende Flüssigkeit möglichst genau abgetrennt, der Blutkörperchenbrei mit wenig kaltem Wasser verdünnt, mit Aether durchschüttelt und abgekühlt, wobei binnen Kurzem die concentrirte Blutlösung zu einem Brei von Krystallen erstarrte, die unter dem Mikroskop die bekannten hübschen Tetraëderformen zeigten. Die Krystalle wurden in der Kälte (im Eisschranke) abfiltrirt, zwischen Filtrirpapier ausgepresst, in eiskaltem Wasser gelöst und diese filtrirte Lösung zu den Versuchen benutzt. Wegen der relativen Schwerlöslichkeit des Meerschweinchen-Haemoglobins waren die so dargestellten Lösungen ziemlich verdünnt (circa einprocentisch) und es wurde daher versucht, durch Zusetzen von Soda eine stärkere Lösung zu den Sauerstoffversuchen zu erhalten (bei den Versuchen mit Kohlensäure darf die Lösung natürlich gar kein Alkali enthalten); es zeigte sich aber bald, dass man einfach durch längere Einwirkung (während 12 Stunden) des eiskalten Wassers sehr viel stärkere (beinahe dreiprocentige) Lösungen bekommen kann, so dass die älteren Angaben über die Löslichkeit des Meerschweinchen-Haemoglobins mithin gar nicht zuverlässig sind. — Das Meerschweinchen-Haemoglobin wurde drei verschiedene Male dargestellt; zu jeder Bereitung wurden etwa 30 bis 40 ^{ccm} Blut verbraucht; von einem Meerschweinchen wurden im Mittel ca. 10 ^{ccm} Blut erhalten.

Zur Bereitung des Gänse-Haemoglobins wurde einer Gans nach vorheriger Unterbindung des Oesophagus der Kopf abgeschnitten, das in einer Schale aufgesammelte Blut wie gewöhnlich defibrinirt, mit Kochsalzlösung verdünnt, centrifugirt und die so erhaltenen Blutkörperchen durch wiederholtes Centrifugiren mit Kochsalzlösung gewaschen. Nach dem Behandeln

des Blutkörperchenbreies mit sehr wenig Wasser, Alkohol und Aether wurde die Blutlösung von den kernhaltigen Stromata durch Filtriren getrennt und durch starke Abkühlung (mit Hülfe einer Kältemischung von Eis und Kochsalz) zum Krystallisiren gebracht. Die leicht zerfliesslichen Krystalle, welche sich unter dem Mikroskop frei von Beimischungen zeigten, wurden zwischen Lagen von stark abgekühltem Fliesspapier ausgepresst, in Wasser gelöst und die Lösung filtrirt, um Papierfasern abzutrennen.

Die verschiedenen Haemoglobinlösungen wurden im Allgemeinen am nächsten Tage nach der Darstellung in Arbeit genommen; im nicht reducirten Zustande wurden sie immer im Eisschranke verwahrt. Wiederholte spectroskopische Prüfung ergab niemals die Anwesenheit von Methaemoglobin.

Was die eigentliche Versuchsanordnung betrifft, so wurde sie ganz nach der von Bohr in den oben citirten Abhandlungen angegebenen Methode ausgeführt. Da indessen diese Methode, so viel ich weiss, nur in diesen Separatabhandlungen, aber noch nicht in irgend einer Zeitschrift beschrieben worden ist, so dürfte eine kurze Darstellung derselben hier am Platze sein. Ich werde dabei theilweise die vom Urheber der Methode gegebene Beschreibung wörtlich anführen.

Die Oxyhaemoglobinlösung wurde in eine Flasche, die dadurch höchstens zum Drittel gefüllt werden durfte, eingeführt. Der Gummistöpsel dieser Flasche war zweimal durchbohrt und mit zwei rechtwinklig gebogenen Glasrohren versehen. Von diesen diente das eine, das bis zum Boden der Flasche reichte, als Zuleitungsrohr für das Wasserstoffgas, das andere, welches luftdicht im Stöpsel auf- und niedergezogen werden konnte, wenn aufgezogen, als Ableitungsrohr des Gases, andernfalls als Mittel, die reducirte Blutfarbstofflösung in das Absorptiometer zu überführen. Die Flasche mit ihrem Inhalt wurde durch Eis abgekühlt und ein rascher Strom von Wasserstoffgas durchgeleitet. Der Wasserstoff wurde aus reinem Zink und Platinchlorid haltender, übrigens reiner Schwefelsäure entwickelt, durch Silbernitrat- und Kaliumpermanganatlösung gewaschen und dann durch eine Flasche mit reinem Wasser geleitet. Nachdem das Wasserstoffgas durch die Haemoglobinlösung gestrichen war, gelangte es durch ein langes, mit dem (aufgezogenen) Ableitungsrohre verbundenes Glasrohr und einen damit vereinigten feinen Katheter bis in die Kugeln des Absorptiometers, um nachher durch das Absorptiometerrohr und darauf durch das Seitenrohr einer auf dasselbe aufgesetzten und es mit dem eben erwähnten langen Glasrohre luftdicht vereinigenden Glasmanschette weiter zu strömen. Seitdem das Gas aus dem Absorptiometer getreten war, wurde es zweckmässig durch eine andere Portion der Haemoglobinlösung geleitet. Wie

bekannt, ist nämlich eine Lösung von reducirtem Haemoglobin sehr viel haltbarer, als eine solche von Oxyhaemoglobin; wünschte man also mit derselben Lösung verschiedene Versuche anzustellen, so war es auf diese Weise möglich, auf einmal zwei Portionen zu reduciren, von welchen die erste unmittelbar angewandt, die zweite in einem geeigneten Gefässe in Wasserstoffatmosphaere bis auf Weiteres verwahrt wurde. Zuletzt wurde der Wasserstoffstrom durch eine kleine Flasche mit Wasser geleitet, um jede Möglichkeit eines Zurücktretens der äusseren Luft auszuschliessen.

Nachdem der Wasserstoff in raschem Strome einige Stunden durch den Apparat geleitet worden war, waren die Blutfarbstofflösungen längst reducirt (wovon man sich übrigens spectroskopisch leicht überzeugen konnte) und das Absorptiometer ganz mit Wasserstoff gefüllt. Jetzt hatte man nur das Ableitungsrohr in die Flasche herunterzuschieben und sofort wurde die Haemoglobinlösung durch den Druck des sich fortwährend entwickelnden Wasserstoffgases in beliebiger Menge in die Kugeln des Absorptiometers übergeführt, ohne dass die Wandungen des Absorptiometerrohres davon benetzt wurden und ohne dass das Haemoglobin im Geringsten oxydirt werden konnte. Wenn eine hinreichende Menge der Lösung in das Absorptiometer hinübergetreten war, wurde das Ableitungsrohr bei fortdauernder Wasserstoffdurchleitung wieder aufgezogen und das lange Glasrohr durch den dicht schliessenden Stöpsel der Glasmanschette so weit aus dem Absorptiometer zurückgezogen, bis die Mündung des Katheters ausserhalb des Hahnes *c* (siehe Fig. 1) gekommen war, dann dieser Hahn geschlossen und der ganze Apparat auseinander genommen. In dieser Weise wurde also die untere Kugel des Absorptiometers bis zur Hälfte oder höchstens drei Viertel mit einer Lösung von reducirtem Haemoglobin gefüllt, welche nur mit Wasserstoff in Berührung kommen konnte, so lange der eben genannte Hahn nicht geöffnet wurde.



Fig. 1. Das Absorptiometer Bohr's.

Es besteht nämlich das Absorptiometer Bohr's (wie Fig. 1 näher zeigt) aus einem meterlangen, mit einer Eintheilung versehenen, oben und unten offenen Glasrohre, dessen Weite etwa 1 cm beträgt. Am oberen Ende (bei *h*) trägt dieses Rohr einen Schliff zur Verbindung mit der Glaspumpe, darunter ist es mit zwei Hähnen *a* und *b* versehen. Gleich unter *b* hat das Rohr eine kugelförmige Erweiterung, von welcher ein gebogenes weites, mit zwei Kugeln endendes und durch den Hahn *c* abschliessbares Seitenrohr ausgeht. In der grösseren unteren Kugel *d* befindet sich die in oben beschriebener Weise eingeführte Blutfarbstofflösung. (Während

der Wasserstoffdurchleitung sind natürlich die Hähne *a* und *b* geschlossen, *c* aber, durch dessen weite Bohrung der Katheter eingeführt wird, geöffnet). Das Volumen des Seitenrohres rechts vom Hahn *c* sammt der Hahnbohrung war durch Wägen mit Quecksilber genau bestimmt; ebenso das Volumen des links vom Hahn c und unter dem Hahn *b* befindlichen Theils des Absorptiometers; der Werth der Eintheilung des Rohres war durch Calibriren festgestellt.

Nach der Einfüllung der reducirten Haemoglobinlösung wurde auf eine bestimmte Stelle, etwas unter der Mitte des Absorptiometerrohres, eine eiserne Rolle *ff* unbeweglich festgesetzt. Bei der nachher zu beschreibenden Drehung des Rohres glitt diese Rolle in der nach ihr geschliffenen Klammer *e*; an der Rolle wurden die Schnüre befestigt, mittelst deren die Drehung bewerkstelligt wurde. — Jetzt wurde das Absorptiometer durch den Schliff *h* mit der Hagen'schen Luftpumpe verbunden, die Hähne *a* und *b* geöffnet (*c* blieb natürlich geschlossen) und das offene untere Ende des Absorptiometerrohres in das mit Quecksilber gefüllte Glasgefäss *g* hineingesetzt. Der ganze Apparat wurde so luftleer gemacht, wobei man natürlich Sorge dafür trug, dass das Gefäss *g* stets mit Quecksilber gefüllt blieb. Jetzt wurde auch der Hahn *c* geöffnet und der Wasserstoff ausgepumpt. Die letzten Mengen des in der Flüssigkeit absorbirten Gases lassen sich nur so entfernen, dass man mit der rechten Hand das Absorptiometer dicht unter dem Hahn *h* (an der kugeligen Erweiterung) fasst, während man mit der linken Hand den Schliff der Luftpumpe, worin *h* steckt, stützt. Indem man jetzt das Absorptiometer fest in den oben genannten Schliff hineindrückt, dreht man ihn rasch hin und her um seine Längsaxe; die Flüssigkeit in der Kugel *d* wird hierbei auf's Heftigste geschüttelt und es wird dadurch etwas Gas frei, das sich im Absorptiometer verbreitet und nachher ausgepumpt wird. Während dieser Operation, die mehrmals wiederholt werden muss, sind zweckmässig die Hähne *b* und *c* offen, *a* aber geschlossen. Während des folgenden Auspumpens muss natürlich auch *a* offen sein. Im Allgemeinen regulirt man das Aufkochen der Flüssigkeit während des Auspumpens durch den Hahn *a* und sucht die beiden wichtigen Hähne *b* und *c* so wenig wie möglich zu gebrauchen, um sie nicht vor dem eigentlichen Versuche abzunutzen, da auch die genaueste Einfettung durch vieles Drehen bald beschädigt werden kann. Es ist dies der eine Zweck des Hahnes *a* (der bei der ursprünglichen Construction des Absorptiometers fehlte); der zweite ist, dass dadurch nach dem Auspumpen ein Vacuum auch oberhalb des das eigentliche Instrument abschliessenden Hahnes *b* entsteht, wodurch das Eindringen der äusseren Luft vollständig ausgeschlossen wird.

Nach dem eben beschriebenen Schütteln und Auspumpen blieb das Absorptiometer die Nacht über unverrückt stehen; am folgenden Tage wurde

es auf's Neue geschüttelt und ausgepumpt, um die letzten Spuren des absorbirten Gases auszutreiben, was mit der Luftpumpe leicht zu controliren ist. Ist die Luftleere, so weit möglich, erreicht (und man kann mit der Hagen'schen Pumpe bis zu einem Drucke von nur einigen Hunderttheilen eines Millimeters Hg ohne grosse Schwierigkeit herabgehen), so werden alle drei Hähne, *a*, *b* und *c*, geschlossen, das Absorptiometer von der Luftpumpe getrennt und in einen geeigneten Halter *hh* (Fig. 2) eingesetzt, wobei man natürlich Sorge dafür tragen muss, dass das untere Ende des Absorptiometers nicht aus dem Glase *k* herausgehoben wird. Der Halter *hh* trägt auf einer eisernen Platte dieses Glas, welches durch Seitenstützen (die in der Figur nicht gezeichnet sind) vor dem Herabgleiten geschützt wird; das Absorptiometerrohr selbst wird mittelst der vorher genannten eisernen Rolle *f* von der auf dem Halter befestigten Klammer *l* (Fig. 2) so gehalten, dass es sich leicht darin um seine Axe drehen kann ohne gegen den Boden des Glases niederfallen zu können; ausserdem dient die lose angezogene Klammer *m* als Führer. Der Halter *hh* endigt unten mit einem Zapfen *i*. An der Rolle werden auch jetzt die beiden ledernen Schnüre befestigt, welche das nachher zu beschreibende Schütteln des Absorptiometers zu bewirken haben.

In dem luftleeren Absorptiometer wird jetzt durch das Quecksilber mittelst einer capillaren Zuleitungsröhre eine beliebige Menge des Gases, womit man zu experimentiren wünscht, eingeführt, wobei man dafür Sorge trägt, dass diese Gasmenge mit Wasserdampf gesättigt ist. Um die Quantität des eingeführten Gases messen zu können, transportirt man jetzt den Halter mit dem Absorptiometer in den Wasserkasten *AAA* (Fig. 2) herüber, wo nachher sämmtliche Beobachtungen ausgeführt werden.

Die Höhe des cylindrischen gusseisernen Wasserkastens ist etwas über ein Meter und sein Durchmesser etwa 40 cm. In der Wand des Kastens ist der ganzen Höhe nach ein etwa 10 cm breites Glasfenster angebracht, um die Ablesung der in dem Kasten befindlichen Apparate zu ermöglichen. Der Boden des Kastens ist mit zwei Hähnen *x* und *y* versehen. Durch den einen kann der Kasten nach Belieben in Verbindung mit der Wasserleitung oder mit einem Abflussrohre gesetzt werden; durch den anderen kann von einem Behälter warmes Wasser hineingeleitet werden. An der Fig. 2 bezeichnet die punktirte Linie *zz* den Stand des Wassers im Kasten während der Versuche.

Der Halter *hh* steckt mit seinem Zapfen *i* in einer passenden Vertiefung im Boden des Wasserkastens und wird noch am oberen Rande desselben mit der in der Figur angedeuteten Klammer *s* so festgeschraubt, dass das Absorptiometerrohr eine möglichst genau verticale Stellung erhält; der

Halter, der in dieser Weise unverrückbar fest im Kasten steht, lässt sich doch leicht herausnehmen und wieder an Ort und Stelle befestigen.

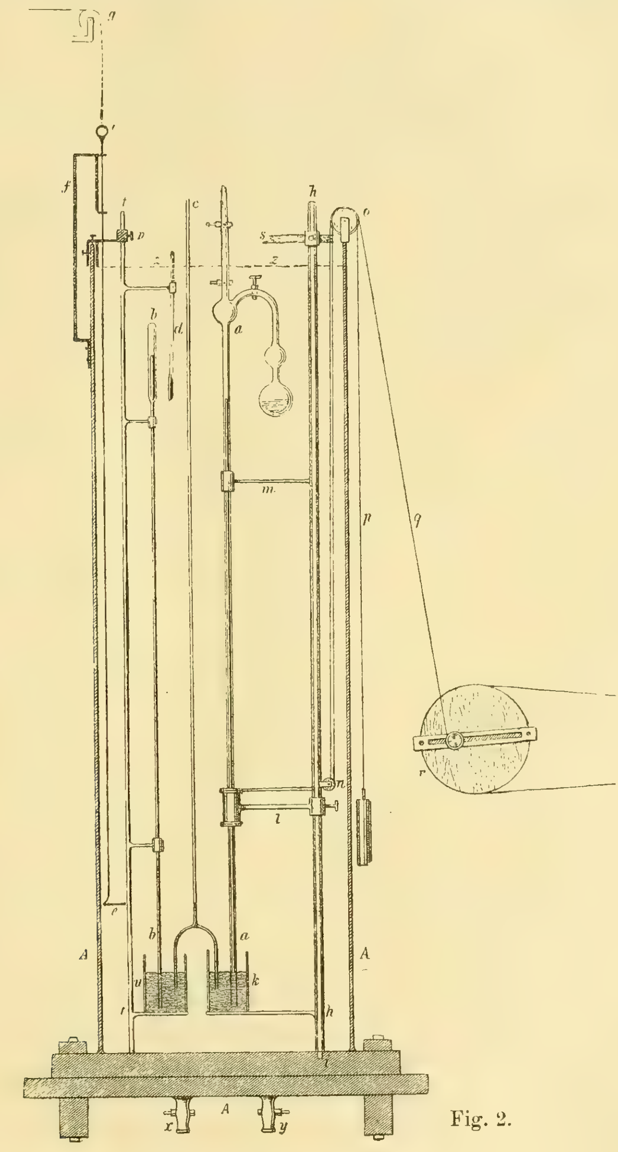


Fig. 2.

Schematische Darstellung der Anordnung der Instrumente bei den Versuchen.

Im Wasserkasten befindet sich noch ein eiserner Halter *tt*, der das Quecksilberglas *u* trägt, in welchem das Barometerrohr *bb* angebracht ist.

Derselbe Halter trägt noch das Thermometer *d*. Die für Erhaltung einer gleichmässigen Temperatur nothwendige Durchmischung des Wassers wird durch einen in der Führung *f* sich bewegenden Umrührer *ee* mit halbmondförmiger Platte bewirkt.

Der Druck im Absorptiometer wird natürlich aus der beobachteten Höhendifferenz der Queksilbersäulen im Barometer und Absorptiometer berechnet. Da die beiden Apparate aber nicht in dasselbe Quecksilbergefäss hineintauchen, so wäre es doch nothwendig, immer auch den Stand der Quecksilberoberfläche in jedem Glase zu bestimmen, um die wirkliche Länge der Quecksilbersäulen kennen zu lernen. Diese zeitraubenden und mit vielen Schwierigkeiten verbundenen Beobachtungen kann man aber ganz umgehen durch Anwendung eines von Bohr ersonnenen, ebenso einfachen wie sinnreichen Verfahrens. Wenn nämlich das Absorptiometer im Wasserkasten befestigt worden ist, wobei sein Quecksilberglas sich neben dem des Barometers befindet, wird ein meterlanges, beiderseits offenes, gabelförmiges Glasrohr *c*, dessen Form aus der Fig. 2 ersichtlich ist, während dessen oberes Ende mit dem Zeigefinger verschlossen ist, so mit der Gabel nach unten in den Wasserkasten niedergestreckt, dass der eine Zweig der Gabel im Glas *k*, der andere im Glas *u* untertaucht. Da das obere Ende des Rohres während des Einsenkens in's Wasser geschlossen ist, drängt sich nur eine kleine Wassersäule in's Rohr hinein; nachdem das Gabelrohr an seinem Platze angebracht ist, wird der Finger vom oberen Ende entfernt, worauf der auf der Quecksilberoberfläche in *k* und *u* lastende Wasserdruck das Quecksilber bis über die Gabeltheilung des Rohres hinauftreibt; hierdurch ist eine heberförmige Communication zwischen dem Quecksilber in den zwei Gefässen *u* und *k* zu Stande gebracht, und das Quecksilber hat also in beiden Gefässen absolut gleiche Höhe. Wenn der Absorptiometer entfernt und also die Communication abgebrochen werden soll, braucht man nur die Gabel aus dem Quecksilber heraufzuziehen.

Die Temperatur des Wassers im Kasten wurde mit Hülfe des Thermometers *d* bestimmt. Der Nullpunkt desselben war vorher controlirt. Durch Vergleichung des Thermometers mit einem von dem internationalen Bureau des Poids et Mesures zu Paris bezogenen Normalthermometer wurde die den directen Temperaturablesungen hinzuzufügende Correctur ermittelt. Sie betrug für die hier in Betracht kommenden Temperaturen $-0{\cdot}44^0$, war also gar nicht unbedeutend.

Nachdem das Absorptiometer im Wasserkasten eingesetzt, das Gabelrohr gehörig placirt und das Wasser umgerührt war, wurden die Ablesungen vorgenommen. Sie geschahen immer mit Hülfe eines vor dem Glasfenster des Wasserkastens aufgestellten Kathetometers, welches vom übrigen Gebäude völlig isolirt auf einer im Boden des Erdgeschosses eingemauerten

Säule ruhte. Bei jeder Ablesung der Höhe der Quecksilbersäulen im Barometer- und Absorptiometerrohre wurde auch die Höhe beider Menisken gemessen, um für die capillare Depression (nach der Tabelle von Mendelejeff) corrigiren zu können. Uebrigens wurde natürlich bei den Berechnungen der Drucke sowohl für die Temperatur der Quecksilbersäulen und die Tension des Wasserdampfes im Absorptiometer, als auch für die Ausdehnung des Kathetometers (wegen deren bei jeder Ablesung auch die Zimmertemperatur beobachtet wurde) corrigirt. Bei den Berechnungen der Volumina, nach Ablesung des mit der Kuppe der Quecksilbersäule correspondirenden Theilstriches des Absorptiometerrohres, wurde auch Rücksicht auf die Ausdehnung des Glases genommen. Diese Correctionen waren übrigens im Allgemeinen nicht sehr wechselnd, weil die Temperatur des Wassers im Kasten bei sämmtlichen Versuchen nur innerhalb einiger Grade schwankte.

Nachdem also die Ablesungen, die nöthig waren, um die im Absorptiometer eingeführte Gasmenge genau berechnen zu können, ausgeführt worden waren, wurde der Hahn *c* (Fig. 1) geöffnet. Hierbei stieg natürlich das Quecksilber im Absorptiometerrohr bedeutend, da das eingeschlossene Gas sich jetzt auch in den leeren Raum der Kugel verbreitete und auch theilweise von der Blutfarbstofflösung absorbirt wurde. Um diese Absorption so vollkommen als möglich zu bewirken, wurde die Flüssigkeit mit dem Gase so lange heftig zusammengeschüttelt bis eine Steigung der Quecksilbersäule nicht mehr beobachtet werden konnte. Es waren hierzu im Allgemeinen 15 Minuten mehr als hinreichend. Dieses heftige Zusammenschütteln wurde im Wasserkasten mit Hülfe der oben genannten, an der Rolle *f* befestigten Schnüre auf folgende Weise bewirkt. Die Schnüre glitten bei *n* (Fig. 2) jede über ihre am Halter angebrachte Rolle, um sich demnächst über zwei am oberen Rande des Kastens befestigte Rollen *o* nach aussen zu begeben. Hier war an der einen Schnur *p* ein Gewicht befestigt, während die andere Schnur *q* an dem auf der Scheibe *z* excentrisch angebrachten Knopfe festgemacht war. Während die Scheibe *z*, welche von einem kleinen Gasmotor herumgedreht wurde, eine halbe Drehung machte, zog sie an der Schnur *q* und drehte dadurch das Absorptiometer um seine verticale Axe ein (durch Einstellung des excentrischen Knopfes zu bestimmendes) Stück nach der einen Seite hin. Während der andere halben Phase der Umdrehung der Scheibe *z* wurde aber die Schnur *q* erschlafft, und das an *p* hängende Gewicht zog dann das Absorptiometer rasch nach der anderen Seite hin. In dieser Weise wurde das Schütteln der Flüssigkeit gründlich zu Stande gebracht, ohne dass jedoch ein Tröpfchen der Flüssigkeit bis zum Hahne emporspritzte. War das Absorptiometer im Wasserkasten genau eingestellt, so stand die Quecksilbersäule in dessen Rohr während der heftigen Be-

wegung doch so ruhig, dass man deren durch die Absorption bedingtes, langsames Steigen ganz gut mit dem Fernrohr des Kathetometers verfolgen konnte. Wenn dieses Steigen ganz beendigt war, hörte man mit dem Schütteln auf und nahm die genauen Ablesungen vor. Unmittelbar danach wurde der Hahn *c* wieder geschlossen, die Gabel zuerst und darauf der Halter mit dem Absorptiometer aus dem Wasser aufgenommen, der Absorptiometer mit der Luftpumpe verbunden und alles Gas, was sich aussen vor (in der Fig. 1 links vom) dem Hahne *c* befand, ausgepumpt. Nachher wurde auf's Neue das Absorptiometer, wie vorher beschrieben, im Wasserkasten placirt, mit dem Barometer in Verbindung gesetzt und der Hahn *c* geöffnet, wobei natürlich die Quecksilbersäule im Absorptiometerrohr sank. Nach 15 Minuten Schütteln las man jetzt wie vorher ab und hatte so die nothwendigen Data, um die Absorption bei einem niedrigeren Druck als das erste Mal berechnen zu können. Durch Wiederholung dieses Verfahrens war es also möglich, eine ganze Reihe von Beobachtungen bei immer sinkenden Drucken zu machen. Man konnte natürlich aber ebenso gut, statt das sich links vom Hahne *c* befindende Gas auszupumpen, eine neue Menge davon zuleiten, diese Menge bestimmen, schütteln und wieder ablesen. Auf diese Weise wird es möglich, eine Reihe von Bestimmungen bei steigenden Drucken mit derselben Flüssigkeitsmenge zu machen. Endlich kann man ja beide Methoden combiniren und so den Druck, bei welchem die Bestimmung gemacht wird, nach Belieben wechseln lassen.

Für die Berechnung der Resultate ist es, wie leicht einzusehen, nothwendig, dass man das Volumen der Flüssigkeit im Absorptiometer genau kennt. Nach Beendigung des Versuches wird die Luft daher in das Absorptiometer vorsichtig eingelassen, das Absorptiometerrohr sorgfältig vom Quecksilber gereinigt und zusammen mit der darin vorhandenen Flüssigkeit auf einer grossen, bei der betreffenden Belastung noch halbe Milligramm deutlich anzeigenden Wage gewogen. Dann wird die Flüssigkeit mit Hülfe der Wasserluftpumpe aus dem Absorptiometer gesogen und in eine reine, trockene, mit Glasstöpsel versehene Flasche gefüllt. Was an den Wänden des Apparates noch hängen bleibt, wird durch nochmaliges Ausspülen mit destillirtem Wasser entfernt und weggeworfen, das im Absorptiometer bleibende Wasser endlich mit Hülfe der Quecksilberluftpumpe vollkommen verdampft und das ganz trockene und leere Absorptiometer wieder gewogen. Das Gewicht des Absorptiometers wurde jedesmal so bestimmt, weil es durch verschiedenartige Einfettung der Hähne (bei jeder neuen Versuchsreihe wurde nämlich der Apparat durch Waschen mit Natronlauge, starker Salpetersäure, Wasser, Alkohol und Aether genau gereinigt und sämmtliche Hähne neu eingefettet) um mehrere Centigramme differiren kann. Man bekommt also das absolute Gewicht der angewandten Blutfarbstofflösung.

Das specifische Gewicht derselben wurde durch Wägung in einem etwa 10 ccm fassenden, mit Steigerohr und Thermometer versehenen Pyknometer ermittelt und daraus das Volumen der im Absorptiometer vorhanden gewesenen Flüssigkeit ermittelt.

Der Haemoglobingehalt der angewandten Lösungen wurde immer dadurch festgestellt, dass genau abgewogene Mengen der Flüssigkeit im Trockenschranke verdunstet und der Rückstand bei ca. 115° bis zum constanten Gewichte getrocknet wurden. Es wurden regelmässig zwei, bisweilen drei solche Bestimmungen gemacht, welche so gut wie immer sehr nahe übereinstimmten, und das Mittel von ihnen als der richtige Ausdruck des Haemoglobingehaltes angenommen. Einige Male (bei Versuchen mit CO_2) wurden auch die Rückstände eingeäschert und die Asche auf alkalische Reaction, und zwar immer mit negativem Erfolge, geprüft.

Bei den Berechnungen wurden die direct gefundenen Gewichte auf den luftleeren Raum reducirt.

Die bei den Versuchen angewandten Gase wurden jedesmal neu dargestellt. Die Kohlensäure wurde aus Marmor und Salzsäure entwickelt und mit Sodalösung und Wasser sorgfältig gewaschen. Der Kohlensäureapparat war mit einem kleinen Bunsen'schen Gasometer verbunden, worin das Gas, nachdem alle Luft durch mehrstündiges Durchleiten der Kohlensäure ausgetrieben war, aufgesammelt wurde. — Der Sauerstoff wurde durch Erhitzen von salpetersäurefreiem, rothem Quecksilberoxyd bereitet und in einem ähnlichen Gasometer über Quecksilber aufgefangen.

Das von der Blutfarbstofflösung aufgenommene Gas ist theils von der Flüssigkeit physikalisch absorbirt, theils mit dem Haemoglobin zu einer leicht dissociablen Verbindung chemisch vereinigt. Von der ganzen durch Beobachtung und Berechnung ermittelten absorbirten Gasquantität muss also so viel abgezogen werden, als die Flüssigkeit bei dem betreffenden Druck und Temperatur nach dem Henry'schen Gesetze aufzulösen im Stande ist; der Rest muss als vom Blutfarbstoff chemisch gebunden angesehen werden. Jetzt kennen wir aber den physikalischen Absorptionscoefficienten einer Haemoglobinlösung für die betreffenden Gase nicht,[1] müssen also statt desselben den Absorptionscoefficienten des Wassers bei den Berechnungen benutzen. Dies ist zwar nicht richtig, denn die Blutfarbstofflösung, wie andere Lösungen, hat ohne Zweifel einen niedrigeren Absorptionscoefficienten als das Wasser. Der Fehler dürfte aber jedenfalls nicht gross sein, da ich, wie aus dem Folgenden hervorgeht, bei Meerschweinchen-Haemoglobinlösungen von

[1] Vergl. Bohr a. a. O. S. 168. 169.

0·65 und 2·92 Procent beinahe dieselben Mengen Kohlensäure (pro 1 ^{grm} Hgb) absorbirt gefunden habe; die Auflösung von noch 2·27 Procent Blutfarbstoff hatte somit den physikalischen Absorptionscoefficienten nicht merkbar verändert. In anderen Fällen haben zwar sowohl Bohr wie ich etwas verschiedene Lagen der Absorptionscurven nach den Concentrationen der angewandten Lösungen gefunden; die Formen der Curven bleiben jedoch dieselben.

Dass das Henry'sche Gesetz für die Absorption der Kohlensäure und des Sauerstoffs im Wasser auch bei den betreffenden niedrigen Drucken wirklich zuverlässig ist, hat Bohr durch besondere Untersuchungen, die in seinen oben citirten Abhandlungen veröffentlicht sind, gezeigt. Für CO_2 in Wasser hat er denselben Absorptionscoefficienten wie Bunsen erhalten, für O_2 in Wasser dagegen einen erheblich grösseren (im Mittel 0·03247 bei 20^0), welchen ich bei den folgenden Berechnungen angewendet habe. Die durch das Wechseln der Temperatur bedingten Veränderungen der Grösse der Absorptionscoefficienten sind nach Bunsen berechnet worden.[1]

Um die Anwendung der benutzten Methode möglichst deutlich zu machen, werde ich die Ergebnisse einer Versuchsreihe und deren Berechnung ausführlich wiedergeben; die übrigen Resultate werden aber der Kürze wegen nur in tabellarischer Form angeführt.

Es bedeutet:

p = Druck in ^{mm} Quecksilber nach Einführen sämmtlicher Correctionen und nach Abzug der Wasserdampftension bei der betreffenden Temperatur.

T = Die Temperatur in Gräden nach Celsius.

v = Das Volumen der in der Fig. 1 links vom Hahn c gelegenen Theile des Absorptiometers, vom Hahn b bis zur Kuppe der Quecksilbersäule.

v_1 = Das Volumen der rechts vom Hahn c (Fig. 1) gelegenen Theile des Absorptiometers (Kugeln u. s. w. nebst Hahnbohrung) nach Abzug des Volumens der in der Kugel befindlichen Flüssigkeit. $v_{,}$ wurde als eine constante Grösse angesehen, weil die Temperatur während des Versuches nur sehr wenig (um einige Zehntel eines Grades) wechselte und die Verdampfung der Flüssigkeit nur eine ganz minimale sein konnte.

V = Das Volumen des Gases bei 0^0 und 760^{mm}. Der Theil davon, der sich beim Schliessen des Hahnes c in den nach rechts von diesem

[1] Vergl. Landolt-Börnstein, *Physikalisch-chemische Tabellen.* S. 169.

Hahn gelegenen Theile (Hahnbohrung inclusive) des Absorptiometers befindet, wird (gleichfalls bei 0^0 und 760^{mm} berechnet) mit K bezeichnet.

α = Der benutzte Absorptionscoefficient (für die Löslichkeit des Gases im Wasser).

I. Versuche mit Meerschweinchen-Haemoglobin und Kohlensäure.

A. Versuche mit einer circa 3procentigen Lösung.

Flüssigkeitsmenge in Grammen = 36·2815.

Flüssigkeitsmenge in Cubikcentimetern bei 18^0 = 36·039.

$v_{,}$ (nach Abzug von 36·039) = 49·020.

Gehalt der Lösung an Haemoglobin in Gewichtsprocenten = 2·9202 und 2·9212, Mittelzahl = 2·9207.

In 36·2815 ^{grm} der Lösung also 1·0597 ^{grm} Haemoglobin.

1. Erste Einleitung von Kohlensäure.

$p = 73·87$. $T = 17·73^0$. $v = 41·092$, also $V = 3·750$.

2. Erste Absorptionsbestimmung.

$p = 11·72$. $T = 17·81^0$. $v + v_1 = 85·208$, also $V = 1·233$.

Absorbirt in der Flüssigkeit sind also 3·750 — 1·233 = 2·517 ^{ccm} und zwar, wenn $a = 0·9357$, vom Wasser 0·520 ^{ccm} und vom Haemoglobin 1·997 ^{ccm}.

Jetzt wurde der Hahn c geschlossen. Rechts von ihm (in den Kugeln und der Bohrung) befand sich dann 0·709 ^{ccm} nicht absorbirter Kohlensäure (= K), links 0·524 ^{ccm}. Der Apparat wurde dann aus dem Wasserkasten genommen und eine neue Menge Kohlensäure eingeleitet.

3. Zweite Einleitung von Kohlensäure.

$p = 194·05$. $T = 17·91^0$. $v = 50·826$, also $V = 12·177$.

Sämmtliche Kohlensäure im Apparate = 12·177 + 0·709 + 2·517 ^{ccm} oder im Ganzen 15·403 ^{ccm}.

4. Zweite Absorptionsbestimmung.

$p = 76·16$. $T = 17·96^0$. $v + v_1 = 90·405$, $V = 8·499$, $a = 0·9326$, also absorbirt 6·904 ^{ccm}, und zwar vom Wasser 3·368 ^{ccm}, vom Haemoglobin 3·536 ^{ccm}.

5. Der Hahn c wurde jetzt wieder geschlossen, der Apparat aus dem Kasten entfernt und mit Hülfe der Quecksilberluftpumpe alles links vom Hahn c befindliche Gas ausgepumpt. $K = 4·609$. Sämmtliche Kohlensäure im Apparate war also 4·609 + 6·904 = 11·513 ^{ccm}.

6. Dritte Absorptionsbestimmung.

$p = 53 \cdot 28$. $T = 17 \cdot 80^0$. $v + v_1 = 88 \cdot 710$, $V = 5 \cdot 838$. $a = 0 \cdot 9359$, also absorbirt $5 \cdot 675$ ccm und zwar vom Wasser $2 \cdot 365$, vom Haemoglobin $3 \cdot 310$ ccm.

7. Zweites Auspumpen (wie in 5). $K = 3 \cdot 226$.

Sämmtliche Kohlensäure im Apparate $= 3 \cdot 226 + 5 \cdot 675 = 8 \cdot 901$ ccm.

8. Vierte Absorptionsbestimmung.

$p = 38 \cdot 88$. $T = 17 \cdot 86^0$. $v + v_1 = 87 \cdot 504$, $V = 4 \cdot 201$. $a = 0 \cdot 9347$, also absorbirt $4 \cdot 700$ ccm, wovon vom Wasser $1 \cdot 723$, vom Haemoglobin $2 \cdot 977$ ccm.

9. Drittes Auspumpen (wie oben). $K = 2 \cdot 353$.

Sämmtliche Kohlensäure im Apparate $= 2 \cdot 353 + 4 \cdot 700 = 7 \cdot 053$ ccm.

10. Fünfte Absorptionsbestimmung.

$p = 28 \cdot 64$. $T = 17 \cdot 93^0$. $v + v_1 = 86 \cdot 700$, $V = 3 \cdot 065$. $a = 0 \cdot 9332$, also absorbirt im Ganzen $3 \cdot 988$ ccm, vom Wasser $1 \cdot 267$, vom Haemoglobin $2 \cdot 721$ ccm.

11. Viertes Auspumpen. $K = 1 \cdot 733$.

Sämmtliche Kohlensäure im Apparate $= 1 \cdot 733 + 3 \cdot 988 = 5 \cdot 721$ ccm.

12. Sechste Absorptionsbestimmung.

$p = 21 \cdot 59$. $T = 17 \cdot 89^0$. $v + v_1 = 86 \cdot 080$, $V = 2 \cdot 295$. $a = 0 \cdot 9340$, also absorbirt 3.426 ccm, davon vom Wasser $0 \cdot 956$, vom Haemoglobin $2 \cdot 470$ ccm.

13. Fünftes Auspumpen. $K = 1 \cdot 337$.

Sämmtliche Kohlensäure im Apparate $= 1 \cdot 337 + 3 \cdot 426 = 4 \cdot 763$ ccm.

14. Siebente Absorptionsbestimmung.

$p = 16 \cdot 77$. $T = 17 \cdot 91^0$. $v + v_1 = 85 \cdot 678$, $V = 1 \cdot 774 \cdot a = 0 \cdot 9336$, also absorbirt $= 2 \cdot 989$ ccm, vom Wasser $0 \cdot 742$, vom Haemoglobin $2 \cdot 247$ ccm.

15. Sechstes Auspumpen. $K = 1 \cdot 015$.

Sämmtliche Kohlensäure im Apparate $= 1 \cdot 015 + 2 \cdot 989 = 4 \cdot 004$ ccm.

16. Achte Absorptionsbestimmung.

$p = 13 \cdot 15$. $T = 17 \cdot 95^0$. $v + v_1 = 85 \cdot 372$, $V = 1 \cdot 386$. $a = 0 \cdot 9328$, also absorbirt $= 2 \cdot 618$ ccm, vom Wasser $0 \cdot 582$, vom Haemoglobin $2 \cdot 036$ ccm

17. (Die folgenden Bestimmungen wurden am anderen Tage ausgeführt.)
Siebentes Auspumpen. $K = 0 \cdot 796$.
Sämmtliche Kohlensäure im Apparate $= 0 \cdot 796 + 2 \cdot 618 = 3 \cdot 414$ ccm.

18. Neunte Absorptionsbestimmung.
$p = 11 \cdot 24$. $T = 17 \cdot 97^0$. $v + v_1 = 84 \cdot 557$, $V = 1 \cdot 173$. $a = 0 \cdot 9324$, also absorbirt $= 2 \cdot 241$ ccm, vom Wasser $0 \cdot 497$, vom Haemoglobin $1 \cdot 744$ ccm.

19. Achtes Auspumpen. $K = 0 \cdot 680$.
Sämmtliche Kohlensäure im Apparate $= 0 \cdot 680 + 2 \cdot 241 = 2 \cdot 921$ ccm.

20. Zehnte Absorptionsbestimmung.
$p = 9 \cdot 37$. $T = 18 \cdot 02^0$. $v + v_1 = 84 \cdot 369$, $V = 0 \cdot 976$. $a = 0 \cdot 9315$, also absorbirt $= 1 \cdot 945$ ccm, vom Wasser $0 \cdot 414$, vom Haemoglobin $1 \cdot 531$ ccm.

21. Neuntes Auspumpen. $K = 0 \cdot 567$.
Sämmtliche Kohlensäure im Apparate $= 0 \cdot 567 + 1 \cdot 945 = 2 \cdot 512$ ccm.

22. Elfte Absorptionsbestimmung.
$p = 7 \cdot 64$. $T = 18 \cdot 09^0$. $v + v_1 = 84 \cdot 253$, $V = 0 \cdot 794$. $a = 0 \cdot 9303$, also absorbirt $= 1 \cdot 718$ ccm, vom Wasser $0 \cdot 337$, vom Haemoglobin $1 \cdot 381$ ccm.

Der Versuch wurde nicht weiter fortgesetzt, da die Resultate voraussichtlich zu niedrig ausfallen würden. Es scheint nämlich der Blutfarbstoff durch längeres Einwirken der Kohlensäure dergestalt verändert zu werden, dass sein Absorptionsvermögen fortwährend verändert wird. In der That hat auch die oben angeführte neunte Absorptionsbestimmung, bei welcher die Flüssigkeit die ganze Nacht hindurch mit der verdünnten Kohlensäure in Berührung gewesen war, ein nicht unbedeutend niedrigeres Resultat als die bei ungefähr demselben Druck und gleicher Temperatur ausgeführte erste Bestimmung gegeben. Noch deutlicher geht dasselbe aus der nächsten Versuchsreihe hervor, welche durch drei Tage fortgesetzt wurde und wobei ich am zweiten Tage etwas zu niedrige, am dritten aber ein ganz unrichtiges Resultat erhielt. Es ist also nothwendig, dass man eine Reihe von Absorptionsbestimmungen so schnell als möglich und zwar immer in einem Tage ausführt. Die graphische Darstellung der Versuchsresultate giebt übrigens die beste Controle.

Wenn man bei den eben angeführten Absorptionsbestimmungen berechnet, wie viel Kohlensäure in jedem Falle von 1 grm trockenem Haemoglobin absorbirt wird und sämmtliche Resultate der besseren Uebersicht wegen tabellarisch aufstellt, so ergiebt sich folgende

Tabelle 1.

1 Nr. der Bestimmung	2 Druck	3 Totalmenge absorbirter CO_2	4 Physikal. (v. Wasser) absorb. CO_2	5 Differenz zwischen Col. 3 u. 4	6 Von 1 grm Haemoglob. gebund. CO_2	7 Temperatur
11	7·64	1·718	0·337	1·381	1·303	18·09°
10	9·37	1·945	0·414	1·531	1·445	18·02°
9	11·24	2·241	0·497	1·744	1·646	17.97°
1	11·72	2·517	0·520	1·997	1·884	17·81°
8	13·15	2·618	0·582	2·036	1·921	17·95°
7	16·77	2·989	0·742	2·247	2·121	17·91°
6	21·59	3·426	0·956	2·470	2·331	17·89°
5	28·64	3·988	1·267	2·721	2·568	17·93°
4	38·88	4·700	1·723	2·977	2·809	17·86°
3	53·28	5·675	2·365	3·310	3·124	17·80°
2	76·16	6·904	3·368	3·536	3·337	17·96°

Die Kohlensäuremengen sind stets in Cubikcentimetern (bei 0° und 760 mm) angegeben.

Die Resultate sind durch die Curve I (Fig. 3) graphisch dargestellt.

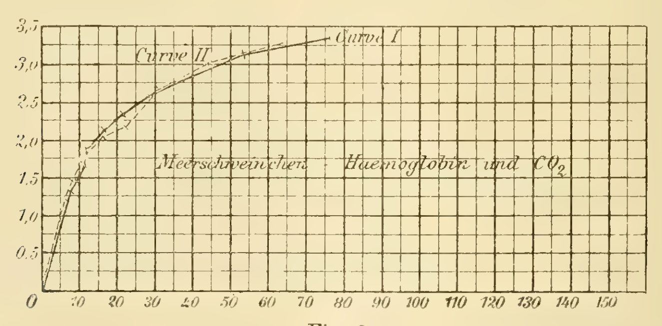


Fig. 3.

Graphische Darstellung der Tabellen 1 und 4. (Meerschweinchen-Haemoglobin und Kohlensäure.)

Die Drucke (Columne 2) sind dabei als Abscissen, die von 1 grm Haemoglobin aufgenommenen Mengen Kohlensäure (Columne 6) als Ordinaten aufgeführt.

B. Versuche mit einer circa 1·5procentigen Lösung.

1. Flüssigkeitsmenge in Grammen = 42·7663.
   Flüssigkeitsmenge in Cubikcentimetern bei 17·3° = 42·647.
   v_1 (nach Abzug von 42·647) = 42·411.

Gehalt der Lösung an Haemoglobin in Gewichtsprocenten = 1·4476 und 1·4462, Mittel = 1·4469.

In 42·7663 ^{grm} der Lösung also 0·6188 ^{grm} Haemoglobin.

Die Versuche wurden während drei Tagen fortgesetzt. An den beiden ersten Tagen wurden die Drucke fortwährend durch Auspumpen erniedrigt, am dritten Tage eine neue Menge CO_2 hinzugeleitet.

Die Ergebnisse der Beobachtungen sind in folgender Tabelle zusammengestellt worden.

Tabelle 2.

1	2	3	4	5	6	7
Datum und Nr. der Beobachtung	Druck	Totalmenge absorb. CO_2	Physikal. absorbirte CO_2	Differenz zwischen Col. 3 u. 4	Von 1 ^{grm} Haemoglob. gebund. CO_2	Temperatur
25./9. 1	31·68	2·496	1·682	0·814	1·315	17·21°
25./9. 2	23·06	1·901	1·231	0·670	1·083	17·03°
26./9. 3	17·58	1.413	0·940	0·473	0·764	16·97°
26./9. 4	13·23	1·063	0·712	0·351	0·567	16·70°
26./9. 5	10·17	0·781	0·550	0·231	0·373	16·46°
27./9. 6	36·85	2·117	1.967	0·150	0·242	17·04°

Die letzte Bestimmung ist offenbar gänzlich zu verwerfen. Das Haemoglobin ist während des Versuches so verändert worden, dass es sein Absorptionsvermögen für Kohlensäure grösstentheils verloren hat. Auch die drei Bestimmungen 3—5 sind aus denselben Ursachen ohne Zweifel etwas zu niedrig ausgefallen. Gegen die zwei ersten Bestimmungen dürfte jedoch keine berechtigte Einwendung gemacht werden können. Und sie zeigen unzweideutig, dass in diesem Falle die Fähigkeit des Haemoglobins, Kohlensäure zu binden, eine andere (und zwar genau die Hälfte) als die durch die sämmtlichen übrigen Versuche gefundene war. Es scheint mithin, als ob sich zwei verschiedene Verbindungen zwischen Haemoglobin und Kohlensäure bilden könnten. Bohr hat Aehnliches gefunden bei seinen Versuchen sowohl mit Hundeblut-Haemoglobin und Sauerstoff[1], als auch mit demselben Haemoglobin und Kohlensäure.[2] Was die Bedingungen betrifft, unter welchen das Haemoglobin solche abnorme Verbindungen eingeht, so sind sie gänzlich unbekannt. Der oben citirte Versuch war ganz wie die übrigen ausgeführt.

---

[1] Bohr a. a. O. S. 45.

[2] *Privatmittheilung.*

2. Flüssigkeitsmenge in Grammen = 44·9255.
Flüssigkeitsmenge in Cubikcentimetern bei 17·5° = 44·793.
v_1 (nach Abzug von 44·793) = 40·266.
Gehalt der Lösung an Haemoglobin in Gewichtsprocenten = 1·4073 und 1·4079, Mittel = 1·4076.
In 44·9255 grm der Lösung also 0·6324 grm Haemoglobin.

Die Bestimmungen dieser Versuchsreihe wurden wegen einer zufälligen Beschädigung der Luftpumpe sämmtlich nicht durch Auspumpen, sondern durch successives Zuleiten von Kohlensäure ausgeführt. Die Resultate derselben sind zusammengestellt worden in der

Tabelle 3.

1 Nr.	2 Druck	3 Totalmenge absorbirter CO_2	4 Physikal. absorbirte CO_2	5 Differenz zwischen 3 und 4	6 Von 1 grm Haemoglobin aufgen. CO_2	7 Temperatur
1	2·49	0·472	0·139	0·333	0·527	17·32°
2	28·34	3·006	1·582	1·424	2·252	17·16°
3	77.42	6·172	4.343	1·829	2·892	17·01°

Wie ersichtlich, sind die beiden letzten Zahlen der Columne 6 etwas niedriger als die entsprechenden in der Tabelle 1. Der Unterschied ist jedoch nicht grösser, als dass er bei so complicirten Versuchen durch die veränderten Versuchsbedingungen erklärt werden kann.

C. Versuche mit einer circa $^2/_3$ procentigen Lösung.

Flüssigkeitsmenge in Grammen = 37·9452.
Flüssigkeitsmenge in Cubikcentimetern bei 17·7° = 37·911.
v_1 (nach Abzug von 37·911) = 47·148.
Gehalt der Lösung an Haemoglobin in Gewichtsprocenten = 0·6533 und 0·6461, Mittel = 0·6497.
In 37·9452 grm der Lösung also 0·2465 grm Haemoglobin.
Die Lösung war nicht vollkommen klar.
Die Beobachtungsresultate erscheinen auf der folgenden Seite.

Vergleicht man die Zahlen der Columne 6 mit den entsprechenden in der Tabelle 1, so findet man eine sehr gute Uebereinstimmung. Bei der graphischen Darstellung (Curve II, Fig. 3) sieht man auch, wie die den beiden Tabellen entsprechenden Curven für die Kohlensäureabsorption des Haemoglobins, von einigen kleinen und zufälligen Unregelmässigkeiten abgesehen, sich beinahe vollständig decken. Man dürfte wohl danach be-

Tabelle 4.

1 Nr.	2 Druck	3 Totalmenge absorbirter CO_2	4 Physikal. absorbirte CO_2	5 Differenz zwischen 3 und 4	6 Von 1 grm Haemoglobin absorb. CO_2	7 Temperatur
8	6·32	0·594	0·296	0·298	1·209	17·64°
7	8·43	0·756	0·395	0·361	1·464	17·60°
6	11·34	0·967	0·531	0·436	1·769	17·60°
5	15·69	1·230	0·733	0·497	2·016	17·68°
4	22·20	1·573	1·037	0·536	2·174	17·69°
3	30·97	2·099	1·446	0·653	2·649	17·71°
2	44·16	2·803	2·063	0·740	3·002	17·69°
1	64·07	3·793	2·991	0·802	3.253	17·72°

rechtigt sein, diese Curve als den richtigsten Ausdruck für die Fähigkeit des Meerschweinchen-Haemoglobins, Kohlensäure in loser chemischer Verbindung zu halten, anzusehen.

Wenn man meine Zahlen für das Meerschweinchen-Haemoglobin und die daraus abgeleitete Curve mit den entsprechenden Zahlen und Curven vergleicht, die Bohr in seiner mehrfach citirten Abhandlung über die Verbindung zwischen Hunde-Haemoglobin und Kohlensäure angiebt, so findet man zwischen ihnen eine ganz gute Uebereinstimmung. Namentlich sind die Curven ganz von demselben Typus. Der Unterschied in der Krystallform der beiden Haemoglobine scheint also keinen Einfluss auf deren Absorptionsvermögen für Kohlensäure auszuüben.

II. Versuche mit Meerschweinchen-Haemoglobin und Sauerstoff.

Diese Versuche wurden in derselben Weise wie die schon beschriebenen ausgeführt und berechnet, nur wurde, wie oben erwähnt, der Bohr'sche Absorptionscoëfficient für die Löslichkeit von Sauerstoff in Wasser benutzt und die Umrechnungen der Gasvolumina von einem Drucke zum anderen nicht nach dem Gesetze von Boyle-Mariotte, sondern nach der ebenfalls von Bohr[1] angegebenen Relation $v(p + 0 \cdot 109) = \text{Const.}$ ausgeführt. Auch wurde ein geräumigeres Absorptiometer angewendet, um mit grösseren Mengen Blutfarbstofflösung operiren zu können.

Leider sind die Versuche, deren ich doch mehrere Reihen ausgeführt habe, im Allgemeinen schlecht ausgefallen. Das reducirte Haemoglobin scheint den Sauerstoff bald theilweise stärker zu binden, so dass er sich

[1] *Experimentelle Untersuchungen* u. s. w. S. 19.

nicht so wie gewöhnlich auspumpen lässt. Bei vermindertem Drucke kann die ganze Menge absorbirten Sauerstoffs in dieser Weise sogar grösser werden, als sie bei vorhergehendem grösseren Drucke war und diese Erscheinung ist in der That bei sämmtlichen Versuchen eingetreten, desto deutlicher, je mehr Bestimmungen derselben Reihe gemacht worden sind. Dass solche Bestimmungen werthlos sind, ist klar. Höchstens konnte man aus den ersten Beobachtungen einer Reihe, bei denen die eben erwähnte Erscheinung noch nicht deutlich eingetreten ist, etwas schliessen.

Beispielsweise führe ich die folgenden Resultate einer Beobachtungsreihe an:

Flüssigkeitsmenge in Grammen = 88·9595.

Flüssigkeitsmenge in Cubikcentimetern bei 18° = 88·811.

v_1 (nach Abzug von 88·811) = 217·064.

Gehalt der Lösung an Haemoglobin in Gewichtsprocenten: 1·0493, 1·0467, 1·0358; Mittel = 1·0439.

In 88·9595 grm der Lösung also 0·9286 grm Haemoglobin.

Tabelle 5.

1	2	3	4	5	6	7
Nr.	Druck	Totalmenge absorbirten Sauerstoffs	Physikal. absorbirter O_2	Differenz zwischen 3 und 4	Von 1 grm Haemoglobin absorb. O_2	Temperatur
1	25·61	1·366	0·0987	1·2673	1·365	18·07°
5	92·56	2·455	0·3574	2·0976	2·259	17·88°
4	112·39	2·264	0·4342	1·8298	1·970	17·84°
3	137·70	1·975	0·5310	1·4440	1·555	17·99°
2	169·02	1·900	0·6514	1·2486	1·345	18·06°

Nimmt man nur auf die beiden ersten Bestimmungen (Nr. 1, 2) Rücksicht, so stimmen die entsprechenden Zahlen der Columne 6 mit den von Bohr für die Sauerstoffaufnahme des Hunde-Haemoglobins erhaltenen gut überein; die übrigen Bestimmungen aber sind, wie schon erwähnt, zu hoch ausgefallen und zwar desto höher, je später die betreffende Beobachtung gemacht worden ist.

Ich kann nur sagen, dass es sehr wahrscheinlich ist, dass die Sauerstoffaufnahme des Meerschweinchen-Haemoglobins nach demselben Gesetze, wie die des Hundeblutfarbstoffes geschieht, ebenso wie ich es für die Kohlensäureaufnahme durch die im Vorhergehenden angeführten Versuche für bewiesen halte. Jedenfalls ist es sicher, dass das Volumen des Sauerstoffs, welcher von 1 grm Meerschweinchen-Haemoglobin bei einem bestimmten Drucke und Temperatur aufgenommen werden kann, viel kleiner ist, als

das Volumen der unter denselben Bedingung absorbirten Kohlensäure. Zuletzt will ich noch erwähnen, dass ich auch beim Studium der Sauerstoffaufnahme des Meerschweinchen-Haemoglobins Erscheinungen beobachtet habe, die darauf deuten, dass auch der Sauerstoff, wie die Kohlensäure, zwei verschiedene Verbindungen mit dem Blutfarbstoff eingehen kann.

III. Versuche mit Gänse-Haemoglobin und Kohlensäure.

A) Versuche mit einer etwa 3·3procentigen Lösung.

Flüssigkeitsmenge in Grammen = 20·4627.

Flüssigkeitsmenge in Cubikcentimetern bei 18° = 20·315.

v_1 (nach Abzug von 20·315) = 64·744 ccm.

Gehalt der Lösung an Haemoglobin in Gewichtsprocenten: 3·3251, 3·2918; Mittel = 3·30845.

In 20·4627 grm der Lösung also 0·6770 grm Haemoglobin.

Die Versuchsresultate zeigt die nachstehende

Tabelle 6.

1 Nr.	2 Druck	3 Totalmenge absorbirter CO_2	4 Physikal. absorbirte CO_2	5 Differenz zwischen 3 und 4	6 Von 1 grm Haemoglobin absorb. CO_2	7 Temperatur
9	13·70	0·940	0·346	0·594	0·877	17·21°
2	17.30	1.371	0·431	0.940	1·388	17·93°
8	17·85	1·217	0·451	0·766	1·131	17·25°
1	22·86	1·694	0·569	1·125	1·662	17·98°
7	23·75	1·545	0·600	0·945	1·396	17·28°
6	32·24	1·944	0·813	1·131	1·672	17·33°
5	45·28	2·390	1·139	1·251	1·848	17·46°
4	63·90	3·053	1·595	1·458	2·154	17·81°
3	92·63	3·901	2·310	1·591	2·350	17·86°

Wie aus den Zahlen der Tabelle ersichtlich ist, ist diese Versuchsreihe nicht gut ausgefallen. Zwischen den ersten Versuchen 2 und 1 einerseits und bei den etwa denselben Drucken, aber am Ende der Reihe ausgeführten Versuchen 8 und 7 andererseits, ist eine ziemlich bedeutende Differenz (etwa ¼ ccm CO_2 auf 1 grm Haemoglobin), die wohl am einfachsten dadurch erklärt werden kann, dass der Hahn v nicht gut geschlossen hat, so dass beim Auspumpen auch etwas von der Kohlensäure in den Kugeln des Absorptiometers verloren gegangen ist. In Folge dessen sind ohne

Zweifel sämmtliche Resultate dieser Versuchsreihe (mit Ausnahme von dem ersten) zu niedrig, was auch durch Vergleichung mit der folgenden, sehr gut gelungenen Versuchsreihe deutlich hervortritt.

B) Versuche mit einer etwa 2·6procentigen Lösung.

Flüssigkeitsmenge in Grammen = 37·9872.

Flüssigkeitsmenge in Cubikcentimetern bei 18° = 37·795.

v_1 (nach Abzug von 37·795) = 47·264 ccm.

Gehalt der Lösung an Haemoglobin in Gewichtsprocenten: 2·6177 und 2·6265; Mittel = 2·6221.

In 37·9872 grm der Lösung also 0·9961 grm Haemoglobin.

Tabelle 7.

1 Nr.	2 Druck	3 Totalmenge absorbirter CO_2	4 Physikal. absorbirte CO_2	5 Differenz zwischen 3 und 4	6 Von 1 grm Haemoglobin absorb. CO_2	7 Temperatur
11	9·44	1·529	0·438	1·091	1·095	17·87°
1	10.28	1·646	0·475	1·171	1·176	18.05°
10	11·58	1·826	0·537	1·289	1·294	17·86°
9	14·80	2·158	0.686	1·472	1·478	17·88°
8	19·14	2·574	0·887	1·687	1·694	17·91°
7	25·43	3·080	1·178	1·902	1·909	17·93°
6	34·53	3·723	1·599	2·124	2·132	17·96°
5	47·64	4·583	2·202	2·381	2·390	18·07°
4	67·70	5·711	3·129	5·582	2·592	18·06°
3	98·30	7·327	4·531	2·796	2·807	18·22°
2	148·26	9·637	6·841	2·796	2·807	18·16°

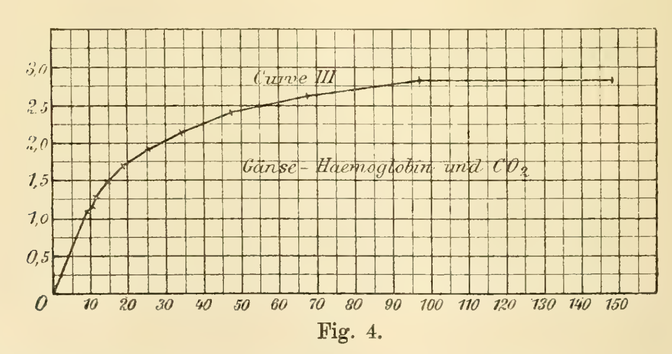


Fig. 4.

Graphische Darstellung der Tabelle 7. (Gänse-Haemoglobin und Kohlensäure.)

Die Resultate dieser Versuchsreihe sind in Curve III graphisch dargestellt. Die Zahlen der Columne 6 liegen sämmtlich genau in einer Curve, die schon bei einem Drucke von etwa 100 mm Hg in eine gerade, mit der Abscissenaxe parallele Linie übergeht. Bei diesem Drucke scheint also das Gänse-Haemoglobin schon alle Kohlensäure aufgenommen zu haben, die es überhaupt zu binden vermag. Der Verlauf der Curve ist hier ein anderer und zwar flacherer, als bei dem Hunde- oder Meerschweinchen-Haemoglobin; die absolute Menge von Kohlensäure, welche von 1 grm Gänse-Haemoglobin gebunden werden kann, ist bedeutend kleiner als diejenige, welche dieselbe Quantität Hunde- oder Meerschweinchen-Haemoglobin aufzunehmen im Stande ist.

IV. Versuche mit Gänse-Haemoglobin und Sauerstoff.

Ueber die Sauerstoffabsorption des Gänse-Haemoglobins habe ich nur eine Versuchsreihe ausgeführt, und zwar mit folgenden Resultaten:

Flüssigkeitsmenge in Grammen = 43·9681.

Flüssigkeitsmenge in Cubikcentimetern bei 18° = 43·605.

v_1 (nach Abzug von 43·605) = 41·454.

Gehalt der Lösung an Haemoglobin in Gewichtsprocenten: 3·8727 und 3·8710; Mittel = 3.87185.

In 43·9681 grm der Lösung also 1·7024 grm Haemoglobin.

Tabelle 8.

1 Nr.	2 Druck	3 Totalmenge absorbirten O_2	4 Physikal. absorbirter O_2	5 Differenz zwischen 3 und 4	6 Von 1 grm Haemoglobin absorb. O_2	7 Temperatur
4	24·56	1·290	0·046	1·244	0·731	18·03°
3	37·07	1·778	0·070	1·708	1·003	17·98°
2	64·75	2·111	0·122	1·989	1·168	18·16°
1	124·51	2·274	0·235	2·039	1·198	18·10°

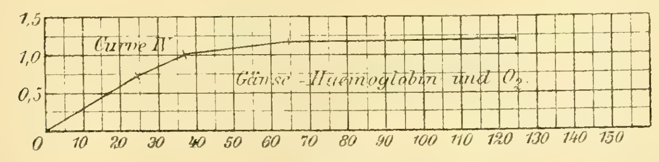


Fig. 5.

Graphische Darstellung der Tabelle 8. (Gänse-Haemoglobin und Sauerstoff.)

Ebenso wie die anderen Haemoglobine bindet also das Gänse-Haemoglobin eine Menge Sauerstoff, die beträchtlich geringer ist, als die von derselben Quantität des Blutfarbstoffs bei demselben Drucke und Temperatur aufgenommene Kohlensäuremenge. Auch hier ist keine bestimmte Relation zwischen der unter denselben Bedingungen gebundenen Volumina von Sauerstoff und Kohlensäure zu finden.

Das Gesetz, nach welchem die Sauerstoffaufnahme des Gänse-Haemoglobins stattfindet, scheint doch nach den oben angeführten Versuchen ein anderes, als das für das Hunde-Haemoglobin geltende zu sein. Die Curve hat einen ganz anderen, lange nicht so steil abfallenden Verlauf, wie die von Bohr für die Sauerstoffaufnahme des Hunde-Haemoglobins angeführte.

So weit es bisher geprüft worden ist, scheinen die Gase also dissociable Verbindungen in anderer Weise mit Gänse-Haemoglobin, als mit Hunde- oder Meerschweinchen-Haemoglobin zu bilden. Dagegen steht die Verschiedenheit der Krystallform (des Hunde- und Meerschweinchen-Haemoglobins) in keiner Beziehung zu der Gasaufnahme.

Hieraus auf eine allgemeinen Verschiedenheit im Blutfarbstoffe der Säugethiere einerseits, der Vögel andererseits zu schliessen, ist natürlicher Weise noch zu früh. Es verdient aber ohne Zweifel diese Sache Gegenstand ausführlicher, namentlich auf die Blutfarbstoffe vieler verschiedener Thiergattungen ausgedehnter Untersuchungen zu werden.

Die hier mitgetheilte Untersuchung ist während des Herbstes 1888 in dem für solche Arbeiten vorzüglich ausgestatteten physiologischen Laboratorium der Universität zu Kopenhagen ausgeführt worden. Es ist mir eine liebe Pflicht, dem Vorsteher dieses Laboratoriums, Hrn. Prof. Chr. Bohr, welcher mir während des Ganges der Arbeit sehr oft auf das Liebenswürdigste Beistand gewährt hat, meinen aufrichtigen und herzlichen Dank auszusprechen!

Die Mechanik der Tricuspidalklappe.

Von

Dr. Ludolf Krehl.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

(Hierzu Taf. VIII.)

Die Atrioventrikularklappen sind geschlossen, wenn die Contraction der Ventrikel beginnt; das kann man mit Sicherheit behaupten, da sich am gesunden Herzen eine Regurgitation von Blut aus den Kammern in die Vorhöfe nicht nachweisen lässt, wenn man mit dem Manometer den Ablauf des Blutdrucks in den Vorhöfen untersucht (nach nächstens zu veröffentlichenden Untersuchungen). Eine solche müsste aber eintreten, wenn die Klappen erst zur Zeit des Systolenbeginns geschlossen würden, weil dann das Blut, welches sich auf der Vorhofseite der Klappen zwischen denselben befindet, zurückgeworfen würde. Wenn man die Mechanik der Atrioventrikularklappen verstehen will, muss man demgemäss erklären, wie dieselben am Ende der Ventrikeldiastole (und also der Vorhofsystole) geschlossen werden, und wie der Verschluss während der Systole der Ventrikel entsprechend dem Stellungswechsel der verschiedenen Ansatzpunkte der Klappe wasserdicht aufrecht erhalten wird.

Die Tricuspidalklappe ist von einer röhrenförmigen Haut gebildet, welche an dem Atrioventrikularring seinem ganzen Umfang nach befestigt ist. Durch tiefe Einschnitte ist sie in drei grosse und einen kleinen Lappen getheilt (Fig. 1). Ein grosses Segel kommt von der Scheidewand her, ein zweites grosses vom Eingang zum Conus arteriosus; die Ansatzlinie des dritten grossen Lappens geht von der hinteren Grenze der Scheidewand zu der Stelle der Aussenwand, an der sich der äussere Theil des Conussegels ansetzt. Das vierte kleine Segel steht am hinteren Winkel der Herzhöhle, eingeschoben zwischen Scheidewand und äussere Klappe. Die Klappen enthalten in ihrem äusseren Drittel eine Ring- und eine Längsmuskelschicht.

Ihre freien Ränder sind durch Sehnenfäden an ausgezeichnete Stellen der Ventrikelmusculatur, die Papillarmuskeln, befestigt. Man unterscheidet deren drei einzeln stehende. Einer steht am vorderen, ein zweiter am hinteren Ende der Scheidewand in dieser selbst, beide ragen nur wenig aus ihr hervor. Der dritte steht an der Aussenwand, an verschiedenen Herzen verschieden hoch über der tiefsten Stelle des Ventrikels und ragt weit aus ihr hervor. Oder er geht aus von den Muskelbalken, die am unteren Ende der rechten Kammer liegen. Endlich ist noch die Scheidewand als Ansatzpunkt von Chordae tendineae zu erwähnen. Es gehen an sie in ihrer ganzen Breite Sehnenfäden des Scheidewandsegels, und zwar die mittleren; die hinteren gehen an den hinteren Papillarmuskel, die vorderen an den vorderen. Das kleine hintere Klappensegel gibt seine Chordae nur zum hinteren Papillarmuskel, die beiden übrigen grossen Lappen geben die ihren, gerade wie im linken Ventrikel, zu je zwei Muskeln; das Conussegel zum vorderen Scheidewand- und äusseren Muskel (Fig. 2), das hintere grosse an diesen und den hinteren Scheidewandmuskel. Die erwähnten Sehnenfäden gehen von der Spitze der Papillarmuskeln an die freien Ränder der Klappen, sie sind kurz und fein. Eine zweite Art von Chordae entspringt ebenfalls aus den Spitzen der Muskeln und geht an die freie Ventrikelfläche der Klappen, wo sie das Endothel durchbrechen und sich breit an das Bindegewebsgerüst der Segel ansetzen. Ein Theil der Chordae entspringt nicht von den Papillarmuskeln selbst, sondern von den genannten Sehnenfäden und inserirt sich auf dieselbe Art wie diese. Häufig stehen Chordae zweier verschiedener Papillarmuskeln dadurch in Verbindung, dass sie innerhalb der Klappensegel durch kunstvolle Bögen in einander übergehen (Fig. 2).

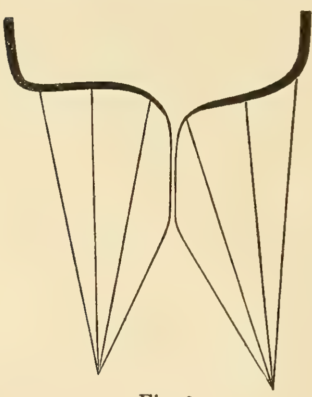


Fig. 3.

Von grösster Wichtigkeit ist, dass die Längen der einzelnen Sehnenfäden offenbar in ganz bestimmtem Verhältniss zu einander stehen, und zwar so, dass, wenn sie alle gespannt sind, die Klappe gestellt ist. Die Chordae, die an die freien Ränder der Klappen gehen, sind beträchtlich kürzer als die, welche sich an der Unterfläche der Segel ansetzen (Fig. 3, schematisch nebenstehend dargestellt).

Wenn alle Sehnenfäden gespannt sind, so stellt sich das Segel, wenn man es mit Luft oder Flüssigkeit entfaltet, in den Bogen, den es macht, wenn die Klappe im Herzen gestellt ist. Es gelingt nie, so lange der Ansatz der Sehnenfäden an den Papillarmuskeln unverletzt ist, eine Klappe in einer Ebene auszubreiten,

man muss dazu erst zahlreiche Chordae durchschneiden. Für die Art, wie der Klappenschluss thatsächlich zu Stande kommt, lässt sich ein Beweis nicht erbringen, aber man kann sich eine Vorstellung bilden, wie er stattfinden muss.

Da die Klappen noch in der Kammerdiastole geschlossen werden müssen (am Ende derselben), kommen als Hersteller des Klappenschlusses nur die Contractionen der Vorhöfe und die dadurch hervorgerufenen Bewegungen des Blutes in den Ventrikeln in Betracht. Man hat den Muskeln, die von den Vorhöfen auf die Klappen übergehen, einen Einfluss auf die Herstellung des Schlusses zugeschrieben. Soviel man aus den vorliegenden Untersuchungen ersehen kann, tragen diese einmal dazu bei, den Atrioventricularring zu verengen, und dann heben sie, da sie sich wegen ihres Zusammenhanges mit der Vorhofsmusculatur gleichzeitig mit derselben zusammenziehen, am Ende der Kammerdiastole die peripheren Theile der Segel und nähern die centralen der Mitte der Kammerhöhlen.

Der Verschluss selbst kann kaum anders, als durch das Blut besorgt werden; der sich contrahirende Vorhof entleert seinen Inhalt in den schon gefüllten Ventrikel. Dabei entstehen Wirbelbewegungen des Blutes und diese treiben die Klappensegel nach oben und nach der Mittellinie zu, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man am todten Herzen Wasser langsam vom Vorhof in den Ventrikel einfliessen lässt.

Durch das unter Vorhofsdruck in die Kammer eindringende Blut werden die Wände derselben gedehnt und üben, sobald der Druck von Seiten des Blutes nachlässt, ihrerseits wieder einen Druck auf den Kammerinhalt aus. Die Klappen sind schon gehoben, ihre Ränder der Mitte genähert: der jetzt eintretende geringe Druckzuwachs in der Kammer genügt, die zarten Ränder der Klappen aneinander zu legen, „die Klappe zu stellen“. Dass der Druckzuwachs, der die Stellung bewirkt, gering ist, geht daraus hervor, dass der Vorhof nur schwache Kräfte entwickelt. Er genügt aber zu der raschen Entfaltung wegen der erwähnten Anordnung der Chordae, weil die Klappen, die, wie man annehmen muss, während der Kammerdiastole frei in die Kammer herabhängen, nur kleine Wege zurückzulegen haben.

Die Bewegungen der Klappe sind durch die vielen Sehnenfäden gewissermaassen beschränkte; sobald jeder Sehnenfaden gespannt ist, ist der Punkt der Klappe, an dem er sich ansetzt, an der Stelle im Raum, an der er sein muss, wenn die Klappe schliessen soll. Es werden also bei Druckzuwachs im Ventrikel eine grosse Anzahl von Klappenpunkten sofort an den richtigen Ort gebracht.

Würden die Sehnenfäden, die sich an den Klappenflächen ansetzen, fehlen, so wären die Bewegungen der Segel weniger bestimmte, die Stellungen, welche sie einnehmen, wären abhängiger von Höhe und Richtung des Druckes seitens der Flüssigkeit, es würde dann eine grössere Zeit zur Herstellung des Klappenschlusses nothwendig sein, und das würde eine Unvollkommenheit des Apparates bedeuten, weil die rasch folgende Systole dann Blut in den Vorhof zurückwerfen müsste.

Während der Systole muss der wasserdichte Verschluss aufrecht gehalten werden. Die Stellung der Klappe wird jetzt abhängig sein von den Umformungen des Ventrikels und dem Drucke des Blutes. Der Atrioventricularring wird verengert; die äussere Wand verändert sich ungefähr so, dass ihre Bögen zu den zugehörigen Sehnen werden und nähert sich der Scheidewand. Diese zieht sich in der Richtung von vorn nach hinten zusammen, verdickt sich, ihre Länge bleibt unverändert.

Die Verengerung der Atrioventricularöffnung legt zunächst die Klappen in Längsfalten. Die Papillarmuskeln der Scheidewand und die übrigen Ansatzpunkte in den Sehnenfäden werden, da die Länge der Scheidewand unverändert bleibt, ihre Entfernung vom Atrioventricularring nicht ändern, sie werden aber durch die Verdickung der Scheidewand der Mittellinie der Kammer genähert. Die Bewegungen des Papillarmuskels, welcher von der Aussenwand entspringt, von unten nach oben, sind nicht bekannt, es wird sich auch darüber ein allgemein gültiges Urtheil nicht geben lassen, da er an verschiedenen Herzen verschieden hoch von der Aussenwand abgeht und davon eine systolische Annäherung an den Atrioventricularring wesentlich abhängen müsste. Sicher ist, dass er bei jeder Ventrikelsystole mit der Aussenwand nach der Mitte der Kammer geht. Es nähern sich also alle drei Papillarmuskeln einander und der idealen Axe der Kammer. Dadurch werden die Segel, welche schon durch eine Vorhofssystole aneinander gelegt waren, noch in grösserer Ausdehnung und fester zusammengedrückt, und zwar genau in demselben Maasse, wie der Druck des Blutes im Ventrikel wächst; es wird also dementsprechend der Verschluss sicherer. Das ist wiederum nur dadurch möglich, dass Sehnenfäden von bestimmter Länge an die Kammerfläche der Klappe sich ansetzen. Fehlten diese, so würde die Stellung der Klappen jeden Augenblick bedingt sein durch die Resultirende aus sämmtlichen Drucken an allen Stellen. Da wegen der grossen Flächen grosse Drücke in Betracht kommen, könnten die Segel dann nach dem Vorhof getrieben werden und der Verschluss würde auseinander gerissen werden.

Danach gehören zu einem richtigen Klappenschluss Segel, die so zart und beweglich sind, wie die gesunden, weil sie sonst geringen Drücken von

Seiten des Blutes — solche veranlassen ja den Schluss — nicht folgen können. Es ist ferner nothwendig, dass jeder der Sehnenfäden seine bestimmte Länge hat, damit jeder Ansatzpunkt derselben an der Klappe seinen bestimmten Ort im Raume einnimmt, sobald sie vom Blute aufgebläht wird. Man sieht, dass Insufficienz einer Atrioventricularklappe nicht nur dann zu Stande kommt, wenn die Segel stark geschrumpft oder gar durchlöchert sind. Schon geringe Verdickungen der Klappen, welche sie schwer beweglich machen, oder Verkürzungen der Chordae werden den Schluss am Ende der Diastole verhindern. In der Systole der Ventrikel ist dieses offenbar leichter zu halten, da die zu verschliessende Oeffnung verkleinert ist und die Klappen mit grösseren Flächen aneinander liegen.

Der Verschluss, der durch die Contraction der Vorhöfe hergestellt wird, genügt offenbar nur für den in dieser Phase herrschenden niedrigen Druck; für den hohen Systolendruck ist der Verschluss nothwendig, wie er normal durch die Formveränderung der Ventrikel hergestellt wird. Das sieht man daraus, dass der Schluss der Tricuspidalis am nicht todtenstarren Leichenherzen sofort gesprengt wird, sobald man im Ventrikel hohen Druck macht. Dieser wird nur vertragen, wenn das Herz todtenstarr, seine Gestalt also der des systolischen Herzens analog ist. Und das maassgebende an diesem sind offenbar die erwähnten, ganz bestimmten Stellungen der Papillarmuskeln. Das sieht man daraus, dass auch an weichen Herzen bei hohem Druck die Klappen sofort schliessen, sobald man die Papillarmuskeln von aussen nach der Mitte zu drückt. Oder wenn man, um den Einfluss der Papillarmuskelstellung auf den Klappenschluss zu untersuchen, ein Herz querdurchschneidet, verkehrt aufhängt und nun durch Einfüllen von Quecksilber in die Klappen diese zu schliessen versucht, so sieht man, dass dies gelingt wenn die Papillarmuskeln an bestimmte Stellen im Raum gebracht werden. Diese ertheilt ihnen wie erwähnt am gesunden Herzen die Systole. Enthält ein Herzmuskel Bindegewebsschwielen und zieht er sich nicht mehr völlig und gleichmässig zusammen, so können bei bestimmter Lage der Schwielen die Papillarmuskeln nicht mehr nach den nothwendigen Stellen geführt werden, die Klappe wird insufficient ohne dass an ihr selbst irgend eine Veränderung vorhanden zu sein braucht; mit dem Auftreten kräftiger Zusammenziehungen schliesst sie wieder. Ebenso finden sich solche Insufficienzen ohne Klappenveränderungen an Herzen deren Kammern stark erweitert sind. Man hat sie „relative“ genannt und sich vorgestellt, dass die abnorm erweiterte Oeffnung von den Segeln nicht mehr bedeckt wird. Diese Annahme kann nichts erklären, da wie bekannt schon ein Segel allein beinahe hinreicht, die Atrioventricularöffnung zu verschliessen. Der Verschluss derselben kommt an dilatirten Herzen, ohne dass die Klappen verändert sind, vielmehr deswegen nicht zu Stande, weil die Ansatzpunkte

der Chordae an den Papillarmuskeln so weit auseinander, so weit von der Mitte der Kammer abliegen, dass sie durch den geringen Druck des Vorhofsblutes nicht an einander geführt werden können. Wenn der Ventrikel sich dann in der Systole nicht vollständig contrahirt, so werden auch jetzt die Papillarmuskeln nicht nach der Mitte geführt und es strömt auch dann noch Blut in die Vorhöfe zurück.

Erklärung der Abbildungen.

(Taf. VIII.)

Fig. 1. Tricuspidalis des Schweines von oben.

Fig. 2. Vorderes Segel derselben.

Fig. 3. Lappen der Tricuspidalis des Rindes, beide Lappen nicht in einer Ebene geschnitten.

Fig. 4. Tricuspidalis des Rindes von unten.

Benützte Litteratur.

Baumgarten, Ueber den Mechanismus, durch welchen die venösen Herzklappen geschlossen werden. *Dies Archiv.* 1843.

Kürschner, Artikel „Herz" in R. Wagner's *Handwörterbuch der Physiologie.* Bd. II.

Hesse, Beiträge zur Mechanik der Herzbewegung. *Dies Archiv.* Anat. Abth. 1880. S. 328.

Gussenbauer, Ueber die Musculatur der Atrioventricularklappen des Menschenherzens. *Sitzungsberichte der Academie der Wissenschaften zu Wien* (mathematisch-naturwissenschaftl. Classe). 1868. Bd. LVII.

Joseph, Die Physiologie der Herzklappen. Virchow's *Archiv.* 1860. Bd. XVIII.

Die abgestufte Reizung des Herzvagus.

Von

Dr. E. Hüfler.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

(Hierzu Taf. IX.)

Veranlassung zu dem Erwerb der Thatsachen, welche in den folgenden Blättern beschrieben sind, gab mir ein neuer, durch Hrn. Balzar nach den Angaben des Hrn. Prof. C. Ludwig gebauter Stromwähler. Nachdem sich ergeben hatte, dass der Apparat beliebig hohe Muskelzuckungen in regelmässiger Folge zu erzielen vermochte, wünschte ich ihn auf den Herzvagus anzuwenden. Während der Ausführung des Vorhabens wurde ich mit einer Reihe neuer Erscheinungen bekannt, welche sich auf die Gestalt der Pulscurve, die Folge der Herzschläge und das Zusammenwirken der beiden Nn. vagi bezieht. Ihrer Mittheilung muss ich die Beschreibung des Stromwählers vorausschicken.

Die Aufgabe, in bestimmten, aber beliebig zu wählenden Zeitabschnitten eine Reihe beliebig starker, aber stets gleicher Inductionsströme herzustellen, schien von vornherein am sichersten durch Oeffnungsschläge lösbar. Denn wenn im Kreise der primären Spirale eines Inductoriums eine Bruchstelle angelegt war, deren Enden aus glatten und harten Metallen bestanden, die, nachdem sie fest in immer gleichem Umfange aufeinander gedrückt waren, plötzlich weit auseinander gezogen werden konnten, so liess sich erwarten, dass der durch die Unterbrechung des primären Kreises in der secundären Spirale inducirte Strom von immer gleicher Beschaffenheit sein werde, insofern der Bau und die Stellung des zweiten Kreises unverändert blieben. Der Gedanke ward folgendermaassen verwirklicht.

Der Ort, an welchem der primäre Kreis geöffnet und geschlossen werden kann (s. Fig. 1), besteht einerseits aus einem kurzen Platinstift *b*

und anderseits aus einer drehbaren Platinscheibe *a*, so dass, wenn auf ihr die überspringenden Funken Unebenheiten erzeugten, sogleich eine neue Fläche dem Stift gegenübergestellt werden kann. Die Platte *a* ruht auf einer unverrücklichen Grundlage, der Stift *b* auf einem Ende eines federnden Messingstreifens *c*, der selbst wieder auf eine an seinem zweiten Ende stärkere Spange *d* eingeschraubt ist. An dem freien Ende der Spange *d* ist ein Elfenbeinstück *e* angenietet, das in einen dreiseitigen Dorn endet. Der letztere schleift auf einem Metallrad *f* mit 16 Zähnen, von denen jeder einzelne allmählich ansteigt, auf einer weiteren Strecke eben bleibt, dann aber steil abfällt. Zwischen je zwei Zähnen bleibt eine Vertiefung ungefähr so ausgedehnt wie der Zahn. Da dem Rade nur gestattet ist, sich in der von den Pfeilen vorgezeichneten Richtung zu drehen, so ist ersichtlich, dass der Elfenbeindorn sanft auf die Höhe des Metallzahnes gehoben wird und der Platinstift so lange auf die Platinplatte drückt, als er über den ebenen Theil des Zahnes läuft, dann aber plötzlich beim Erreichen des steil abfallenden Zahnendes den Kreis öffnet, und zwar so weit, dass durch die Nachschwingung der Feder kein neuer Schluss geschehen kann. Um aber den Schluss von *a* und *b* fest und dauernd, die Oeffnung plötzlich zu gestatten, wurde der Elfenbeindorn mittelst der Spange *d* durch eine Spiralfeder *g* an das Zahnrad gezogen.

Da nur der Oeffnungsstrom reizen, der Schliessungsstrom abgeblendet werden soll, so geht aus der secundären Spirale ausser der Leitung zum Nerven eine zweite zu einer Unterbrechungsvorrichtung von genau demselben Bau, wie die zum Schliessen und Oeffnen des primären Kreises bestimmte. Auch hier wird ein Platinstift durch ein Zahnrad mittelst eines Elfenbeindorns und einer Metallspange an die Platte gedrückt. Das den primären Kreis öffnende Zahrad ist, so wie es Fig. 2 zeigt, gegen das den Schliessungsschlag abblendende verschoben; ein Theil der Erhabenheit des Zahnes steht der Vertiefung zwischen zwei Zähnen gegenüber (*bb*.).

Neben dem durch die beschriebenen Werkstücke angestrebten Ziel, beliebig viele gleich starke Inductionsströme hervorzubringen, steht die andere Forderung, sie nach verschieden langen Zwischenräumen auf den Nerven wirken zu lassen. Ohne Aenderung der Stromstärke wird die Aufgabe dadurch erfüllt, dass ausser der ersten, vorhin beschriebenen noch eine zweite Unterbrechung in den primären Kreis eingeschaltet wird, vermöge welcher die an den Platincontacten ausführbare Schliessung nur dann verwirklicht wird, wenn jene zweite überbrückt ist. — Der zweite Unterbrecher war befähigt, für je eine Umdrehung der Zahnradaxe den Contact ein-, zwei-, vier-, achtmal oder auch während der ganzen Umdrehungsdauer herzustellen, so dass nach Belieben dem Nerven in jener Zeit ein, zwei, vier, acht, sechzehn Reize ertheilt werden konnten. Zu dem Ende läuft ein Pol

der constanten Kette in einen Satz von fünf Metallscheiben, wie ihn Fig. 3 versinnlicht. Die oberste Scheibe 1 ist vollrandig, die folgende 2 ist mit acht Einschnitten versehen, zwischen denen ebenso viele Vorsprünge stehen bleiben, welche mit dem Rand der Vollscheibe derselben Cylinderfläche angehören. Weiter ist die dritte Scheibe 3 mit vier, die vierte 4 mit zwei und die fünfte mit einem Vorsprung versehen.

Vor den Scheiben Figg. 3 und 4 konnte eine Metallfeder *f* senkrecht auf und abgestellt werden, Fig. 3, welche sich schleifend über die Vorsprünge der Scheiben bewegte, Fig. 4. In diese Feder setzte sich die Leitung des primären Kreises fort.

Da die beiden Zahnräder und die zuletzt geschilderten Scheiben auf derselbe Axe stecken, so gewann der Apparat das in Fig. 5 dargestellte Aeussere.

Stark müssen die Kräfte sein, welche die Umdrehung der Axe besorgen, damit die Hemmungen, welche die an den Rädern der Scheiben schleifenden Federn erzeugen, leicht überwunden werden, denn für die Herstellung gleicher zeitlicher Abstände der Einzelreize von einander ist die Stetigkeit der Umdrehungsgeschwindigkeit Bedingung. In meinen Versuchen wurde der Apparat von dem Gasmotor gedreht.

Zum Versuch wurden schwach mit Curare vergiftete, künstlich beathmete Hunde benutzt. — Neben dem oberen Ende des Kehlkopfes wurden beiderseits die Nn. vagi durchschnitten und einerseits ein Röhrchen in die A. carotis gesetzt. Dann wurden nahe über dem Brustbein die Nn. vagi von einer kleinen Wunde aus abermals aufgesucht und mit Hartgummi-Elektroden versehen, die Wnnde wurde sorgfältig vernäht. Dadurch, dass der Ort, an welchem das Manometer mit der Arterie verbunden wurde, möglichst weit entfernt von dem der Nervenreizung lag, war schädlichen Eingriffen in den Stamm des N. vagus nach Möglichkeit vorgebeugt.

Die Pulse notirte das Federmanometer von A. Fick. Auf dem Papierstreifen, der sie aufnahm, wurden noch die Secunden und die Reizungsdauer niedergeschrieben. Zwischen die Arteriencanüle und die zum Manometer führende Röhre wird die durch v. Basch empfohlene, mit kohlensaurer Natronlösung erfüllte Kugel eingesetzt. Sie verhütet die Gerinnung für lange Zeit hin; bei ihrer Anwendung ist jedoch besondere Sorgfalt nöthig, weil sie leicht den Uebertritt von kohlensaurem Natron in's Blut veranlasst.

Zum Fick'schen Manometer älteren Baues musste ich greifen, weil meine Aufgabe die Niederschrift sehr zahlreicher Pulse forderte, die nur auf einem unendlichen Papierstreifen, also mit Dinte ausführbar war. Der eigenthümlichen Form wegen, welche die Pulscurve während der Vagusreizung annimmt, hätte sich mindestens die zeitweise Anwendung eines der neueren Apparate empfohlen. Leider ist das letztere nicht geschehen.

1. Die Herstellung eines gleichförmigen Pulses durch Vagusreizung.

Jeder einzelne Reiz, welcher einer Reihe gleichartiger, nach gleichem Zeitverfluss eintreffender angehört, wird voraussichtlich den N. vagus auf denselben Zustand bringen, vermöge dessen dem Herzen der nämliche, den Eintritt seines Schlages verzögernde Antrieb zukommt. Aus der Gleichwerthigkeit der Widerstände gegen das Auftauchen der Systole würde selbstverständlich sich erst dann eine regelmässige Wiederkehr des Herzschlages ergeben, wenn die Bedingungen, welche den Ventrikel zur Contraction veranlassen, unveränderlich blieben.

Als Maass für den Grad von Gleichförmigkeit des Pulses pflegt man meist seine Zahl in der Zeiteinheit zu benutzen. Dieser Bestimmungsweise ist unzweifelhaft die Auswerthung der Schlagdauer, d. h. der Zeit, überlegen, welche zwischen dem Beginn zweier aufeinander folgender Systolen verstreicht. Beim Gebrauch dieses Verfahrens überzeugt man sich bald, dass auch unter günstigen Bedingungen die Pulsfolge des Hundes ungleichförmig bleibt. So weichen z. B. auch die Schlagdauern der in derselben Minute aufeinander folgenden Pulse von 0·05 bis 0·10 Secunden und mehr von einander ab, wenn die Hunde, deren Nn. vagi durchschnitten sind, durch Curare beruhigt, künstlich beathmet und auf gleicher Temperatur erhalten sind.

Da auf dem Papier die Pulse und die Secunden gleichzeitig niedergeschrieben wurden, so gab die Kenntniss der Längen zugleich die Dauer der Zeiten. Die Längen wurden mit einem in Millimeter getheilten Glasmaass gemessen, dessen Theilung dem Papier auflag. Unter Beihülfe der Lupe konnte 0·1 eines Millimeters mit Sicherheit geschätzt werden. Und weil 8 ^{mm} der Grundlinie einer Secunde entsprechen, so konnte die Zeit mit Sicherheit bis auf Hundertel einer Secunde angegeben werden.

Zu den folgenden Zahlen dürfte noch erläuternd hinzuzufügen sein: Dem gebräuchlichsten Ausdruck gemäss verlängert der gereizte Vagus die Diastolenzeit, darum hätte man erwarten können, dass neben der Dauer des ganzen Schlages auch die der Pause ermittelt worden wäre, derart, dass man die auf den abfallenden Schenkel der Pulscurve verwendete Zeit besonders gemessen hätte. Dass auf diesem Wege das beabsichtigte Ziel nicht erreichbar gewesen wäre, ergiebt sich, weil bekanntlich die Zeiten der Systole und Diastole denen nicht entsprechen, welche vom auf- und absteigenden Curvenschenkel des Carotidenpulses eingenommen werden. Zudem ist, wie wir später sehen werden, die Voraussetzung nicht zutreffend, auf welche sich die oben genannte Forderung gründet.

Rollenabstand 13 cm. Zahl der Reize in 1 Sec. = 4.

Fortlaufende Schlagzahl	Mittlere	Grösste	Kürzeste
	Schlagdauer in Sec.		
Vor der Reizung			
1 bis 5	0·25		
Die Reizung beginnt			
5 bis 10	0·30	0·40	0·25
20	0·72	1·1	0·6
30	0·73	0·8	0·6
40	0·75	0·8	0·7
50	0·77	0·8	0·7
60	0·78	0·9	0·7
70	0·80	0·9	0·8
80	0·83	0·9	0·8
90	0·81	0·9	0·8
100	0·85	0·9	0·8
110	0·80	0·8	0·8
120	0·85	0·9	0·8
130	0·86	0·9	0·8
140	0·80	0·8	0·8
150	0·85	0·9	0·8
160	0·86	0·9	0·8
170	0·88	0·9	0·8
180	0·83	0·9	0·8
190	0·81	0·9	0·8
200	0.86	0·9	0·8
205	0·87	0·9	0·8
Die Reizung beendet			
206	0·81		
207	0·50		
211	0·38		
216	0·25		

Rollenabstand 13 cm. Zahl der Reize in 1 Sec. = 4.

Fortlaufende Pulszahl	Mittlere	Grösste	Kürzeste
	Schlagdauer in Sec.		
Vor der Reizung			
1—5	0·27		
Die Reizung beginnt			
10	0·46	0·7	0·27
20	0·76	1·0	0·5
30	0·55	0·6	0·5
40	0·57	0·6	0·5
50	0·61	0·6	0·6
60	0·63	0·7	0·6
70	0·63	0·7	0·6
80	0·64	0·7	0·6
90	0·63	0·7	0·6
100	0·65	0·7	0·6
110	0·65	0·7	0·6
120	0·66	0·7	0·6
130	0·64	0·7	0·6
140	0·64	0·7	0·6
150	0·64	0·7	0·6
160	0·65	0·7	0·6
170	0·66	0·7	0·6
180	0·67	0·7	0·6
190	0·65	0·7	0·6
200	0·64	0·7	0·6
210	0·66	0·7	0·6
220	0·69	0·8	0·6
230	0·67	0·7	0·6
240	0·68	0·7	0·6
250	0·65	0·7	0·6
260	0·69	0·7	0·6
270	0·68	0·7	0·6
280	0·70	0·7	0·6
286	0·68	0·7	0·6
Die Reizung beendet			
287	0·62		
288	0·52		
289	0·38		
299	0·27		

Rollenabstand $18 \cdot 5^{cm}$. Zahl der Reize in 1 Sec. = 4.

Fortlaufende Pulszahl	Mittlere Schlagdauer in Sec.	Grösste Schlagdauer in Sec.	Kürzeste Schlagdauer in Sec.
Vor der Reizung			
1—3	0·38		
Die Reizung beginnt			
6	0·55	0·6	0·5
10	0·67	0·7	0·6
20	0·75	0·8	0·7
30	0·77	0·8	0·7
40	0.80	0·8	0·8
50	0·81	0·8	0·8
60	0·81	0·8	0·8
70	0·80	0·8	0·8

Fortlaufende Pulszahl	Mittlere Schlagdauer in Sec.	Grösste Schlagdauer in Sec.	Kürzeste Schlagdauer in Sec.
80	0·79	0·8	0·8
90	0·80	0·8	0·8
100	0·75	0·7	0·8
110	0·78	0·7	0·8
120	0·77	0·7	0·8
130	0·75	0·7	0·8
134	0·75	0·7	0·8
Die Reizung beendet			
136	0·70		
142	0·53		
146	0·50		

Rollenabstand 10^{cm}. In der Secunde 8 Reize.

Fortlaufende Pulszahl	Mittlere Schlagdauer in Sec.	Längste Schlagdauer in Sec.	Kürzeste Schlagdauer in Sec.
Vor der Reizung			
1—10	0·25		
Die Reizung beginnt			
11	0·25		
12	0·45		
13	0·48		
14	0·73		
bis 20	0·80	0·80	0·79
30	0·90	0·97	0·85
40	0·94	1·0	0·87
50	0·96	1·0	0·90
60	0·93	1·0	0·87
70	0·93	0·97	0·87
80	0·89	0·93	0·87

Fortlaufende Pulszahl	Mittlere Schlagdauer in Sec.	Längste Schlagdauer in Sec.	Kürzeste Schlagdauer in Sec.
90	0·88	0·95	0·81
100	0·89	0·98	0·85
110	0·86	0·90	0·80
120	0·84	0·87	0·78
130	0·89	0·94	0·85
140	0·88	0·87	0·87
150	0·90	0·94	0·87
160	0·89	0·94	0·87
170	0·89	0·94	0·87
180	0·87	0·87	0·87
185	0·86	0·87	0·83
Die Reizung beendet			
186	0·50		
190	0·30		

Aus den Ueberschriften ist zu erkennen, wie jedesmal die Reizung beschaffen war. Der Uebersichtlichkeit wegen habe ich nicht die Dauer eines jeden Pulses hingeschrieben, vielmehr von je 10 gemessenen Einzelwerthen ein Mittel berechnet. Um aber den Grad von Abweichung dieses Mittels von den beobachteten Zahlen sichtbar zu machen, wurde das Maximum und Minimum innerhalb der 10 Schlagdauern in die Tabelle aufgenommen.

Den Aussagen der Zahlen gemäss lässt sich durch den N. vagus die Pulsfolge bedeutend verlangsamen, ohne sie ihrer Regelmässigkeit zu entkleiden. Allerdings in der ersten Secunde der Reizung heben sich öfter einzelne Pulse durch ungewöhnlich lange Dauer ab, dann aber übersteigen die Abweichungen zwischen den Dauern von je 10 aufeinander folgenden Pulsen die Grenze nicht, welche oben als eine unter den günstigsten Bedingungen auftretende bezeichnet wurde.

Die aufgestellte Regel bedarf jedoch, um zutreffend zu werden, noch einiger Zusätze. In den vorgelegten Beispielen wurde die Schlagdauer von einer viertel bis höchstens auf eine ganze Secunde verlängert; ob die Gleichförmigkeit der Schlagfolge auch erhalten bleibt, wenn weniger als 60 Pulse in der Minute auftreten, bleibt darum ungewiss. Dass der Unterschied zwischen der Dauer der Pulse 0·1 bis 0·05 Sec. nicht übersteige, gilt am strengsten, wenn man die Vergleiche nicht über die zeitlich sich nahestehenden Pulse ausdehnt. Denn wenn man die Zahlenreihen durchmustert, in welchen die Mittel aus je 10 Pulsen stehen, so bemerkt man, dass mit dem Fortschritt der Reizung die Schlagdauer wächst, dann aber, bei noch weiterer Zunahme der Reizungszeit, wieder abnimmt. Durch eine Curve, welche nach der auf vorhergehender Seite stehenden Zahlenreihe entworfen wurde, ist das eben erwähnte Verhalten versinnlicht. Die Ordinaten entsprechen dem Zuwachs der Schlagdauer, auf der Abscisse sind die fortlaufenden Pulszahlen aufgetragen; je 5 mm derselben entsprechen 10 Pulsen.

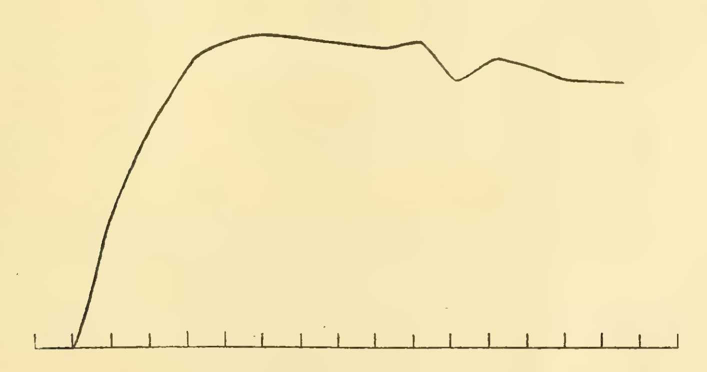


Fig. 1.
Curve des Zuwachses der Schlagdauern. Die Ordinaten entsprechen dem Zuwachs der Schlagdauern. Rollenabstand 18·5. Reizzahl in 1 Sec. = 4. Abscisse die fortlaufende Pulszahl.

Innerhalb des Werkzeuges, welches die Pulsfolge verlangsamt, treten also unter dem Einfluss rasch aufeinanderfolgender Inductionsströme Erscheinungen auf, welche an die Treppe der Muskelzuckungen erinnern.

Die gleichförmige löst eine sehr unregelmässige Pulsfolge ab, wenn der Reiz die Pulszahl unter 60 in der Minute herabdrückt, je seltener der Schlag, um so grösser die Unbeständigkeit der Schlagdauer. Was dann zu erwarten, davon benachrichtigt die folgende Zahlenreihe:

Beide Nn. vagi gereizt. Rechts Rollenabstand 0^{cm}, links 6^{cm}.
Jederseits 8 Reize in der Secunde.

Fortlaufende Zahl der Pulse	Schlagdauer	Fortlaufende Zahl der Pulse	Schlagdauer	Fortlaufende Zahl der Pulse	Mittlere Schlagdauer	Längste Schlagdauer	Kürzeste Schlagdauer
	Sec.		Sec.		Sec.	Sec.	Sec.
1—6	0·25	23	2·1	von 41—51	1·6	1·9	1·4
Die Reizung beginnt		24	2·1	61	1·3	1·4	1·2
		25	2·7	71	1·2	1·3	1·1
7	2·4	26	3·0	81	1·1	1·1	0·9
8	2·1	27	5·5	91	1·0	1·1	0·9
9	2·0	28	2·0				
10	3·2	29	2·3				
11	3·3	30	2·1				
12	3·2	31	2·1				
13	4·3	32	2·0				
14	3.4	33	1·8				
15	3·0	34	2·0				
16	5·5	35	2·0				
17	2·0	36	2·0				
18	2·5	37	1·6				
19	2·1	38	1·8				
20	2·1	39	1·5				
21	2·3	40	1·7				
22	2·1	41	1·5				

Der Verdacht, dass die Unregelmässigkeiten, welche die erste Minute der starken Reizung begleiten, von der mangelhaften Arbeit des Schlagwählers bedingt sei, wird hinfällig, weil in der Pulsfolge alles unverändert bleibt, ob der Reiz durch die Mehrung seiner Häufigkeit oder durch Näherung der Inductionsrollen verstärkt wurde.

Auch tritt dafür, dass die ungleichförmige Pulsfolge durch die Eigenschaften der reizbaren Werkzeuge selbst bedingt sei, ihre allmähliche Umformung in eine regelmässige ein. Wenn die Reizung in gleicher Weise über zwei Minuten hin fortdauert, so mindert sich der mittlere Werth der Schlagdauer mehr und mehr, zugleich aber folgen sich die Pulse in gleichen zeitlichen Abständen.

Eine sehr seltene Pulsfolge scheint sonach beim Hund mit einer regel-

mässigen nicht vereinbar zu sein. Vorgreifend lässt sich schon jetzt sagen, dass der Grund hierfür nicht im Stamme des N. vagus, vielmehr in den Einrichtungen des Herzens selbst begründet ist.

2. Nachwirkung des Reizes.

Da in meinen Versuchen nur die zwischen je zwei Reizen verflossene Zeit, nicht aber die bestimmt war, zu welcher der erste Reiz den Nerven traf, so können meine Angaben über das Abklingen des erregten Zustandes nur bedingten Werth beanspruchen. Sie lehren jedoch, auf welche Weise eine geforderte Schlagfolge zu erzielen sei.

Um bei gleichem Erregbarkeitsgrade eine möglichst grosse Zahl von Beobachtungen gewinnen zu können, wurde die Reizung in der Regel nur 10 Secunden lang fortgesetzt, weil die Hälfte dieser Zeit zu genügen pflegt, um die Schlagdauer vollkommen oder nahezu auf den Werth zu bringen, welcher ihr bei gegebener Stärke des Reizes erreichbar ist. Dies aus den letzten fünf Minuten der Reizungszeit abgeleitete Mittel der Schlagdauer ist darum in verschiedenen Versuchen vergleichbar.

Stets lässt sich darthun, dass der Reiz um so länger nachwirkt, je stärker er gewesen. Bis zu zwei Secunden nach dem Eintreffen eines maximalen Einzelreizes waren noch Spuren der Erregung nachweisbar, und zwar dadurch, dass derselbe Inductionsstrom in Zwischenzeiten von je zwei Secunden vier- bis fünfmal angewendet wurde; dann zeigte sich die Schlagdauer merklich verlängert gegen die durch einmalige Anwendung des Reizes erzielte. Jedoch liess sich die Pulszahl immer nur um ein weniges auch durch die stärksten Reize herabdrücken, die in je zwei Secunden aufeinander folgten; mit weit schwächeren Strömen, welche jede Secunde zurückkehrten, wurden schon lange Pulsdauern erzielt, und mit vier sehr schwachen Reizen in je einer Secunde gelangte man nahe an die Grenze der Schlagdauer, bei welcher die Pulsfolge noch regelmässig bleibt. Zum Beleg für die Angaben mögen einige Zahlen dienen (s. Tabelle der folgenden Seite).

Ein Verfahren, welches die Stärke und die Zeitfolge der Inductionsströme genau abzustufen gestattet, weckt den Gedanken, planmässig nach dem Erregungsaequivalent zu suchen, das zwischen den sich rasch folgenden, schwachen und den selteneren, aber starken Reizen besteht. Meine Bemühungen haben das angestrebte Ziel nicht erreicht, weil die Erregbarkeit des Vagus, sei es des Stammes oder seiner Herzenden, einem zu mannigfachen Wechsel unterworfen war. Von dem Verhalten anderer irritabler Werkzeuge weicht das den Herzschlag verzögernde, mindestens dem Grade nach in so fern ab, als seine Erregbarkeit Schwankungen aufzeigt,

Datum	Rollen-abstand	Vor der Reizung	Zahl der Reize in der Secunde					
			0·5	1	2	4	8	16
	cm	Sec.	Sec.	Sec.	Sec.	Sec.	Sec.	Sec.
14. Mai	14	0·25	0·25		0·38			
	13		0·25		0·50			
	12		0·25		0·62			
	11·5		0·25	0·49	0·73–0·78			
	10·5		0·25	0·69	0·91			
	9·5		0·25	0·71—0·81	1·29—(2·0)[1]			
	8·5		0·31	0·75—0·91	1·40—(3·3)[1]			
	7·5		0·31	0·81—0·83	1·55 (2·72)[1]			
17. Mai	20	0·30				0·60		
	16					0·65	1·3 (2·0)[1]	
	13					0·65	1·55	
	12				0·54—0·63	0·81		
	9					0·85	2·0	
	0				0·64—0·74	1·2		
27. Febr.	10	0·28	0·35	—	0·40	0·46	0·59	
	8		0·34		0·46	0·58	0·69	
7. März	13	0·32	—	0·39	—	0·55	0·93	1·75
	11			0·39		0·84	1·44	5·13
15. März	13	0·38	—	—	—	0·53	0·71	
	12						1·28	
	10					0·55		
9. Mai	18·5	0·38	0·50	—	0·64	0·74	1·00	—

welche sich aus einer sogenannten Ermüdung nicht erklären lassen. Mir ist es begegnet, dass der N. vagus einer Seite sich dem Inductionsstrom gegenüber im Beginn des Versuches unwirksam, und erst in einem weit späteren Zeitpunkte desselben als leistungsfähig erwies.

Da während der Dauer des Versuches an der Lage des Elektroden nichts geändert wurde und der Schlagwähler den N. vagus der anderen Seite zu regelrechten Antworten veranlasste, so kann die Ursache, weshalb sich anfangs von dem einen der Vagi keine Aenderung der Pulsdauer erzielen liess, nicht in Mängeln des den Nerven zugeleiteten Reizes liegen. Recht häufig aber ereignet es sich, dass ein stärkerer Reiz, der einige Minuten nach einem schwächeren folgte, weniger leistete, als der vorausgegangene, und umgekehrt. Aufzuklären, wovon die Veränderlichkeit der Reizbarkeit abhängt, wird Gegenstand einer besonderen Untersuchung sein müssen.

[1] Die umklammerte Zahl giebt die grösste Dauer des Schlages in der Reihe, aus welcher das voranstehende Mittel gezogen ist.

3. Zusammenwirken der beiden Nn. vagi.

Dass die gleichzeitige Reizung zweier als erregbar befundenen Nn. vagi auf das Herz mächtiger wirkt als die nur eines Nerven, hat man stets bewährt gefunden. Ueber das Verhältniss jedoch, in welchem die Wirkung des einen durch den Hinzutritt des anderen Nerven gesteigert werden kann, liess sich erst durch die Anwendung von genau abgestuften Reizen Auskunft gewinnen. An Thieren, an welchen sich der gleiche Erregungsgrad des Nerven wiederholt herstellen liess, habe ich nach der bezeichneten Richtung hin Versuche angestellt, welche zeigten, dass das Zusammenwirken schwach und sehr stark gereizter Nerven zu einem verschiedenen Ergebniss führt.

a. Die gleichzeitige, mässig starke Erregung beider Nerven wirkt auf ein Herz, das vorher mindestens eine Anzahl von Minuten hindurch rasch geschlagen hat.

Bei der Beurtheilung dieser und der folgenden Versuchsreihen ist zu beachten, dass jeder der beiden Nerven in einem besonderen, wohl isolirten Stromkreis lag, und dass die beiden Nerven jedesmal genau gleichzeitig von einem Inductionsstrom durchsetzt wurden.

Vorbereitend wurde für den rechten wie für den linken N. vagus ein Reiz aufgesucht, welcher eine merkliche Aenderung der Schlagfolge bedingt. Alsdann wurde der Reihe nach gereizt: zuerst jeder der beiden Nerven für sich zehn Secunden hindurch, dann nach einer Ruhezeit von vier bis fünf Minuten beide Nerven zugleich, und endlich nach einer abermaligen Ruhezeit von einigen Minuten wiederum jeder der beiden Nerven für sich ebenfalls zehn Secunden hindurch.

Aus den Beobachtungen an drei verschiedenen Thieren stammen die folgenden Zahlen:

Vergleichung der Wirkungen je eines oder gleichzeitig zweier gereizten Vagi auf die Schlagdauer.

(Die Zahlen unter der Ueberschrift „Schlagdauer während der Reizung“ sind Mittel aus der letzten Hälfte der 10 Secunden dauernden Reizung.)

Vagusseite	Rollenabstand	Reizzahl in der Secunde	Schlagdauer	
			vor der Reizung	während der Reizung
	cm		Sec.	Sec.
I. Rechts . . .	13	8	0·25	0·64
Links . . .	6·5	8	0·27	0·63
Beiderseits .			0·25	0·79
Links . . .	6·5	8	0·25	0·55
Rechts . . .	13	8	0·27	0·69
Beiderseits .			0·27	0·75

	Vagusseite	Rollen-abstand	Reizzahl in der Secunde	Schlagdauer vor der Reizung	Schlagdauer während der Reizung
		cm		Sec.	Sec.
II a.	Links . . .	10	4	0·27	0·50
	Rechts . . .	14	4	0·27	0·43
	Beiderseits			0·27	**0·63**
	Rechts . . .	14	4	0·27	0·41
	Links . . .	10	4	0·27	0·50
II b.	Rechts . . .	14	8	0·27	0·74
	Links . . .	12	8	0·27	0·73
	Beiderseits			0·27	**0·79**
	Links . . .	12	8	0·27	0·48
	Rechts . . .	14	8	0·27	0·74
III a.	Links . . .	12	4	0·31	0·53
	Rechts . . .	20	4	0·31	0·60
	Beiderseits			0·31	**0·69**
	Rechts . . .	20	4	0·31	0·63
	Links . . .	12	4	0·31	0·60
III b.	Rechts . . .	20	8	0·33	0·83
	Links . . .	12	8	0·31	0·84
	Beiderseits			0·31	**1·04**

Einer, man könnte wohl sagen, berechtigten Vermuthung entgegen, zeigen die Zahlen, dass die gemeinsame Reizung beider Nn. vagi keineswegs eine Wirkung gleich der Summe der beiden gesondert erregten hervorbringt. Um das Verhältniss darzulegen, in welchem die Wirkung der doppelten zur einfachen Reizung steht, habe ich mit der Summe der Schlagdauern, welche die beiden Einzelreizungen lieferten, in die wirklich gefundene dividirt. Der auf solche Art gewonnene Coefficient schwankt um den Werth von 0·6.

	Hypothetische Wirkung	Beobachtete Wirkung	Quotient
11. Mai	1·27 Sec.	0·79 Sec.	0·62
	1·24 „	0·75 „	0·61
14. Mai	0·93 „	0·63 „	0·68
	1·22 „	0·79 „	0·64
17. Mai	1·13 „	0·69 „	0·62
	1·67 „	1·04 „	0·62

Daraus, dass der Quotient aus der unterstellten Wirkungsumme der Einzelreize in die thatsächlich aus dem Doppelreiz hervorgehende meisten-

theils nahezu übereinstimmt, bin ich weit entfernt, auf ein Gesetz schliessen zu wollen; ebenso wenig aber auch auf einen Zufall.

Im Hinblick auf die Erfahrung, dass die gleichzeitige Reizung beider Vagi die erwartete grössere Wirkung nicht erzielt hat, könnte man den Gedanken an eine Summirung für verfehlt halten, und an seiner Statt behaupten, dass sich von den beiden Reizen stets nur der stärkere geltend gemacht habe. Gegen diese Betrachtungsweise spricht jedoch mit aller Entschiedenheit das stets vorhandene Uebergewicht der Doppelreizung gegenüber der stärkeren unter den deiden einzelnen. Die Wirkung des stärkeren der beiden Einzelreize erreicht nur selten neun Zehntel der gemeinsamen; in der Regel bleibt sie noch weiter hinter ihr zurück.

Mit dem Uebergewichte der gemeinsamen Reizung über die der stärksten einzelnen ist aber der Beweis für die erfolgte Summirung gegeben.

b. Zutritt eines bisher ruhenden zur maximalen, schon länger dauernden Reizung des anderen N. vagus. — Es kann, wie bekannt, das Herz durch eine auch noch so starke Reizung eines N. vagus nur auf eine gewisse Zeit hin beruhigt werden. Während der fortdauernden Reizung nimmt das Herz seinen Schlag wieder auf, anfänglich nach längeren, dann fortschreitend nach kürzeren Pausen. Wenn man zu der Zeit, wo etwa jede Secunde eine Systole wiederkehrt, die Reizung unterbricht, so kann nach dem Verlauf von fünf und mehr Minuten durch eine neue starke Reizung desselben Nerven die Beruhigung des Herzens in ganz der früheren Weise wiederholt werden, und zwar mehreremale hintereinander. Durch dieses Verhalten gewinnt man die Möglichkeit, zu erfahren, ob die Wiederkehr der häufigeren Schlagfolge bedingt ist von einer Ermüdung des Nerven oder von einem im Herzen sich abspielenden Vorgang.

Zu einem beweiskräftigen Versuch wird erfordert, dass von jedem der beiden Vagi aus der Herzschlag mindestens dreissig Secunden hindurch zum Schweigen zu bringen ist, und dass, genügend lange Ruhe vorausgesetzt, die maximale Reizung mehreremale mit immer gleichem Erfolge wiederholt werden kann. Sowie durch einen Vorversuch die Brauchbarkeit der beiden Nerven erwiesen ist, sind Beobachtungen zu gewinnen ähnlich den nachfolgend beschriebenen.

Der maximale Reiz für den rechten N. vagus liegt bei Rollenabstand 8 und Reizzahl 8 in der Secunde, für den linken N. vagus bei Rollenabstand 6 und Reizzahl 8 in der Secunde.

Von den folgenden Zahlenreihen giebt die mit kleiner Ziffer die fortlaufende Pulszahl, die darunter stehende die Schlagdauer in Secunden an.

Die Reizung beginnt mit dem rechten Vagus, beim 21. Pulse tritt der linke hinzu.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
27·7	6·9	3·0	2·8	1·7	1·6	1·6	1·5	1·5	1·4	1·3	1·3

13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	Schlag.
1·3	1·2	1·2	1·1	1·1	1·0	1·0	1·0	Secunden.

Linker Vagus tritt zum rechten hinzu:

21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	Schlag.
1·0	1·1	1.1	1·1	1·1	1·1	1·1	1·2	1·1	Secunden.

Nach einer Ruhe von 10 Minuten beginnt die Reizung des linken Vagus, am 17. Pulse tritt der rechte hinzu, am 28. Pulse wird der rechte wieder ausgeschaltet, der linke wird weiter gereizt.

Linker Vagus:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
30·5	8·2	4·0	2·7	2·2	2·0	1·8	1·7	1·6	1·4	1·4	1·5

13.	14.	15.	16.	Schlag.
1·5	1·5	1·4	1·5	Secunden.

Rechter Vagus hinzu:

17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	Schlag.
1·4	1·4	1·4	1·5	1·5	1·5	1·6	1·5	1·5	1·5	1·5	1·5	Sec.

Linker Vagus allein:

29.	30.	31.	32.	33.	34.	Schlag.
1·4	1·4	1·3	1·3	1·2	1·2	Secunde.

Nach einer Ruhe von 10 Minuten beginnt die maximale Reizung des rechten Vagus. Nach dem 11. Schlag tritt die Reizung des linken hinzu, welche bis zum 18. Schlag fortdauert, von da ab ward der rechte allein gereizt.

Rechter Vagus:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	Schlag.
35·3	8·0	4·5	3·3	1·8	2·3	2·1	2·0	1·9	1·8	1·5	Sec.

Linker Vagus hinzu:

12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	Schlag.
1·6	1·6	1·6	1·6	1·5	1·6	1·6	Secunden.

Rechter Vagus allein:

19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	Schlag.
1·5	1·5	1·5	1·5	1·4	1·4	1·4	1.3	1·3	1·3	Secunden.

Nach einer Ruhezeit von 10 Minuten beginnt die maximale Reizung des linken Vagus, zu ihm tritt dreimal die des rechten, vom 9. bis 12. Schlag, dann wieder vom 21. bis 24. Schlag und abermals vom 31. bis 35. Schlag.

Linker Vagus:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	Schlag.
32·1	8·2	2·3	2·4	2·2	1·2	1·2	1·2	Secunden.

Rechter Vagus hinzu:

9.	10.	11.	12.	Schlag.
3·6	3·0	2·9	2·6	Secunden.

Linker allein:

13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	Schlag.
2·4	2·3	2·0	1·8	1·6	1·1	1·1	1·0	Secunden.

Rechter Vagus hinzu:

21.	22.	23.	Schlag.
1·5	1·6	1·7	Secunden.

Linker allein:

24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	Schlag.
1·8	1·6	1·6	1·6	0·9	1·0	1·2	0·8	Secunden.

Rechter Vagus hinzu:

32.	33.	34.	35.	36.	Schlag.
1·0	1·8	1·4	1·4	1·5	Secunden.

Linker Vagus allein:

37.	38.	39.	40.	41.	Schlag.
1·5	1·5	1·5	1·5	0·9	Secunden.

Der empfangenen Auskunft gemäss wird durch den Hinzutritt des übermaximal erregten zweiten Nerven zu dem schon seit längerer Zeit gereizten ersten an der bestehenden Schlagfolge nichts geändert. Von dem geringeren Betrag, auf welchen die Schlagdauer unter der fortwirkenden maximalen Reizung des einen Nerven gesunken ist, wird sie nicht auf einen höheren gebracht, wenn der zweite dem ersten zur Hülfe geschickt wird. Obwohl die Unveränderlichkeit des Erfolges bei wiederholtem Wechsel des rechten mit dem linken N. vagus dafür spricht, dass der zweite Nerv sich auf der höchsten Stufe von Erregung befand, als er sich dem ersten zugesellte, so dürfte sich, um jeden Zweifel zu beseitigen, doch noch eine andere Form des Versuchs empfehlen. Sie bedient sich des Wechsels der beiden maximal erregten Nerven in Verbindung mit ihrem Zusammenwirken. Wenn unter diesen Bedingungen beide Nerven zusammen nicht mehr als einer allein, und wenn der eine von ihnen so viel als der andere für die Verlängerung der Schlagdauer leistet, so kann kein Zweifel an der maximalen Erregung beider Nerven aufkommen. Aus dem folgenden Beispiel ist ersichtlich, dass der Erfolg der neueren Versuchsweise dem der früheren vollkommen gleicht.

Rollenabstand 9 ^{cm}, Reizzahl 8 in der Secunde.

Rechter Vagus:

1.	2.	3.	4.	Schlag.
19·4	9·9	7·1	8·3	Secunden.

Linker Vagus:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	Schlag.
32·7	8·0	5·7	2·1	2·0	2·8	1·6	1·5	1·4	1·3	1·3	Sec.

Nach einer Ruhe von 5 Minuten wird unter den obengenannten Bedingungen gereizt.

Linker Vagus:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Schlag.
11·5	14·0	12·0	9·9	7·4	5·1	1·8	2·1	2·5	2·5	Secunden.

Der linke Vagus wird aus-, der rechte eingeschaltet.

Rechter Vagus:

11.	12.	13.	14.	15.	16.	Schlag.
2·1	2·2	2·2	2·1	2·0	2·0	Secunden.

Zum rechten tritt wieder der linke:

17.	18.	19.	20.	21.	22.	Schlag.
1·9	1·9	1·7	1·8	1·7	1·7	Secunden.

Daran, dass der Herzschlag nur auf eine beschränkte Zeit beruhigt werden kann, trägt keinesfalls eine Ermüdung des Nerven die Schuld; im Herzen selbst liegt es begründet, dass, ungeachtet der fortdauernden Erregung des N. vagus die Systole in einer an Häufigkeit wachsenden Folge wiederkehrt. Unentschieden bleibt die Deutung der Ursache — möglich, dass die Bedingungen erlahmen, von welchen es abhängt, dass die Antriebe zur Bewegung beseitigt werden, oder, dass umgedreht während der längeren Ruhe die Mittel, aus welchem der Herzschlag hervorgeht, einen Zuwachs an Kräften erfahren haben, der sie befähigt, jetzt einen früher unbesiegbaren Widerstand zu überwinden.

4. Weniger klar, als in dem eben besprochenen Falle ist das Versagen des einen der beiden Nn. vagi, wenn der andere sich wirkungsvoll erweist. Mehrfach ist es mir begegnet, dass sehr starke Reize, auf den einen Nerven angewendet, am Herzschlag nichts änderten, während der gegenüberliegende schon unter dem Eindruck schwacher Reize lange Diastolen hervorrief. Man würde bei der Mannigfaltigkeit der Fasern, welche in der Bahn des N. vagus vorhanden sind oder auch fehlen, annehmen können, dass der unwirksame N. vagus diesmal keine Hemmungsfasern geführt habe, wenn es nicht vorkäme, dass ein am Beginne des Versuches unwirksamer Nerv sich allmählich ermannte und eine kräftige Reizung mit langen Herzpausen beantwortete. Im Angesicht solcher Erfahrungen ist man geneigt, auch der Ermüdung der Vagusfasern einen Antheil an Misserfolgen zuzuschreiben, allerdings mit Zögern, denn die Erholung einer vorübergehend unwirksamen Faser unter so ungünstigen Umständen hat etwas Unwahrscheinliches.

5. Eine Aenderung in der Reizbarkeit der Herzenden des Vagus durch dyspnoisches Blut habe ich nicht nachzuweisen vermocht. Da das Herz eines Thieres, dessen Athmung behindert ist, seltener schlägt, und noch mehr weil der Vagus seine Fähigkeit, den Darm zu Bewegungen anzuregen, am sichersten und ausgiebigsten entfaltet, wenn die Gefässe des Unterleibes dunkles Blut führen, so lohnte es sich der Mühe, zu prüfen, ob auch die peripheren Enden des Herzvagus des erstickenden Thieres reizbarer würden. In einer grösseren Reihe von Reizungen stellte sich jedoch kein von der Athmung abhängiger Unterschied der Reizbarkeit heraus. Auf gleiche Art zu reizen, folgt dieselbe Aenderung in der Schlagfolge, ob das Thier seit langer Zeit regelmässig beathmet, oder ob ihm bis zum drohenden Tode die Luft entzogen ist.

6. Aenderung im Verlauf des Pulses.

Mit dem Uebergang des N. vagus aus dem Stand der Ruhe in den der Bewegung ändert sich die Gestalt der vom Federmanometer aufgezeichneten Pulscurve. Worin die Abweichung von der alten Form besteht, und wie sie mit der wachsenden Erregung zunimmt, veranschaulicht die umstehende Fig. 2; sie ist von Pulscurven abgebaust, welche bei verschieden starken Reizungen desselben Nerven erhalten wurden. Die unterste, unmittelbar über den Secundenmarken stehende Reihe der Pulscurven ist bei vollkommener Ruhe des N. vagus gewonnen.

Im absinkenden Schenkel der verschiedenen Curven zeigt sich nichts unerwartetes; anders im aufsteigenden. Von den beiden Erhebungen, welche die meisten der Curven aufweisen, kann eine auf Eigenschwingungen des Manometers zurückgeführt werden, weil im Gegensatz zur manometrischen die sphygmographische Curve der Carotis des Hundes nur einen Gipfel besitzt, und weil eine plötzliche Erhöhung des Druckes, welche künstlich im Innern des Manometers bewirkt wird, eine Nachschwingung mit einer Periode von 0·18 Secunde erzeugt.

Nach ihrer Grösse und Zeitfolge bieten die beiden Gipfel der bei verschiedenen Erregungsgraden des Nerven gelieferten Curven mannigfache, aber regelmässig wiederkehrende Abänderungen. Während der Ruhe erhebt sich der erste über den zweiten Gipfel, bei schwachen Reizungen sind beide Erhebungen gleich hoch, bei weiterem Wachsthum der Schlagdauer übersteigt der zweite Gipfel den ersten und bei noch seltenerer Pulsfolge wird die Curve eingipfelig.

Nicht minder veränderlich ist die Zeit, die der Anstieg, nämlich der Schenkel der Pulscurve, beansprucht, welcher von der Tiefe des Thales bis zur Höhe des Gipfels reicht. Dieser Abschnitt der Pulscurve kann bekanntlich

auch bei ruhendem Vagus keineswegs als ein Maass für die Dauer der Systole gelten, weil je nach dem in der Aorta herrschenden Druck das Ansteigen der Schreibfeder früher oder später nach dem Beginn der Contraction anfängt. Ganz unthunlich aber wird ein Schluss auf die Dauer der Systole aus der des Anstiegs, wenn die Curve mehrgipfelig ist. Nun kann aber die Dauer der Systole die des gesammten Pulses nicht übertreffen, und

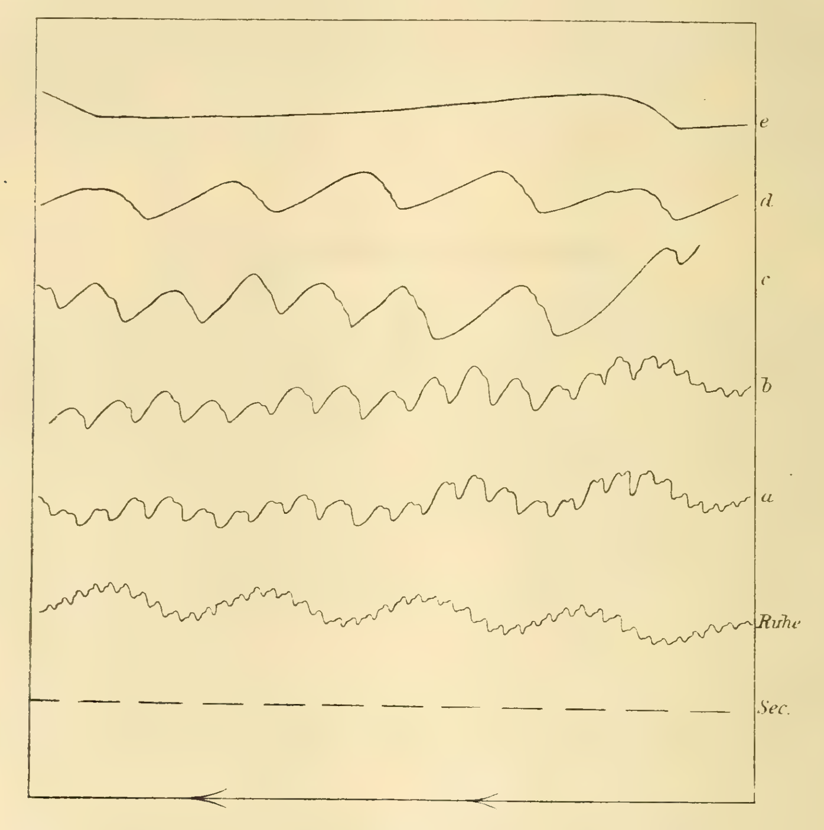


Fig. 2.

darum wird man, wenn mit dem Ablauf der Herzcontraction bei ruhendem Vagus der Aufstieg bei erregtem verglichen werden soll, die Dauer des ganzen Schlages wählen müssen. Mit der wachsenden Stärke der Vagusreizung dauert nun, wie die Reihen *c*, *d*, *e* der Fig. 2 zeigen, der Anstieg länger, als die Zeit, welche mehrere volle Pulsdauern während der Ruhe des Nerven verbrauchen.

Von der Stellung und der zeitlichen Folge der beiden zu einem Herzschlage gehörigen Gipfel, giebt die Fig. 3 S. 314 einige Beispiele. Jede

Doppelreihe der Figur ist von einem besonderen Thiere geliefert. Die untere Linie einer jeden Doppelreihe ist während der Ruhe des N. vagus geschrieben.

Die ungleich lange Zeit, in der bei verschiedenen Pulsformen die beiden Gipfel aufeinander folgen, passt nicht recht zu der Annahme, dass sie den Eigenschwingungen des Federmanometers ihren Ursprung verdanken.

Noch eindringlicher als der Anblick der Curven wird der zahlenmässige Ausdruck für die Aenderungen wirken, den die Dauer des Aufstieges mit der Zunahme der Reizstärke erfährt.

Dauer des Ansteigens abhängig von der Schlagdauer.

I.		II.		III.		IV.	
Schlag-dauer	Anstieg-dauer	Schlag-dauer	Anstieg-dauer	Schlag-dauer	Anstieg-dauer	Schlag-dauer	Anstieg-dauer
Sec.	Sec.	Sec.	Sec.	Sec.	Sec.	Sec.	Sec.
8·65	1·1	9·81	0·52	1·20	0·37	1·64	0·65
6·09	1·0	4·37	0·62	0·99	0·31	1·56	0·65
2·40	0·63	3·60	0·54	0·99	0·37	1·56	0·65
2·35	0·67	3·49	0·57	0·93	0·37	0·88	0·43
2·31	0·69	3·19	0·57	0·92	0·31	0·85	0·44
2·11	0·63	3·00	0·56	0·88	0·31	0·71	0·31
1·95	0·50	2·93	0·62	0·60	0·25	0·70	0·25
1·65	0·50	2·90	0·50	0·60	0·25	0·70	0·28
1·53	0·50	1·25	0·37	0·60	0·25	0·69	0·31
1·38	0·50	1·22	0·38	0·56	0·25	0·37	0·28
1·19	0·45	1·24	0·42	0·47	0·22	0·35	0·25
1·18	0·41	1·11	0·37	0·43	0·23	0·35	0·25
1·0	0·44			0·43	0·22		
0·80	0·25	Schlagdauer während der Vagusruhe = 0·25		Schlagdauer während der Vagusruhe = 0·40		Schlagdauer während der Vagusruhe = 0·27	
0·75	0·31						
0·72	0·25						
0·63	0·25-0·24						
0·51	0·25						
0·50	0·23						
0·45	0·24						
0·44	0·20						
0·38	0·18						
Schlagdauer während der Vagusruhe = 0·26							

Mit der Dauer des ganzen Schlages wächst im Allgemeinen auch die des Anstieges. Genauer, als soeben geschehen, würde sich vielleicht

das Verhältniss zwischen den beiden Grössen angeben lassen, wenn der arterielle Druck bekannt wäre, bei welchem der Puls aufgezeichnet wurde.

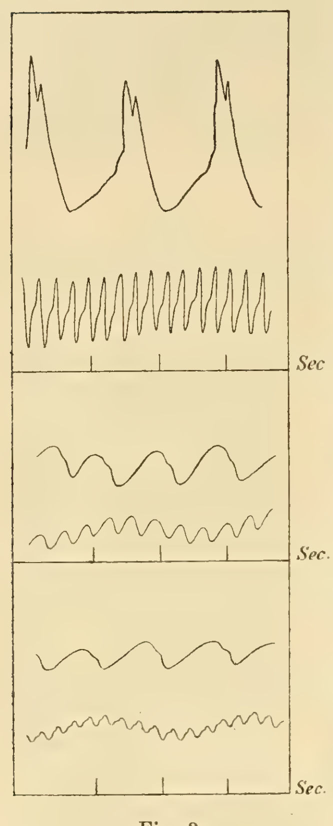


Fig. 3.

Neben der allgemein gültigen Regel für das Verhältniss von Schlagdauer und Anstieg macht sich durch die Grösse der Zahlen die Eigenheit des Thieres geltend, wie sogleich ersichtlich aus dem Vergleich der von zwei Thieren gelieferten Werthe.

Die Ursache für die Abweichung der Pulsform bei rascher von der bei seltener Schlagfolge kann nicht in den Eigenschaften des Werkzeuges liegen, welches zum Aufschreiben der Curven diente, weil stets dasselbe Federmanometer gebraucht ward. — Im Blutstrom müssen die Bedingungen gegeben sein, welche das allmähliche Anschwellen des Druckes in der A. carotis veranlassen, wenn die Erregung des Vagus eine kräftige geworden ist. Und weil, gleiche Eigenschaften der Wand vorausgesetzt, der Druck nur mit der zunehmenden Füllung der Gefässlichtung wachsen kann, so muss bei seltener Pulsfolge das Zuströmen des Blutes zur Carotis länger und oft weit länger, als bei häufigem Herzschlag andauern, entweder weil sich das Herz bez. die Aorta langsamer entleert, oder weil eine von der Peripherie her zurückgeworfene Welle das bevorstehende oder schon begonnene Sinken des Druckes in der Carotis in ein Steigen desselben umsetzt. Ein entscheidendes Urtheil darüber, ob die eine oder die andere Annahme im Rechte sei, steht meinen Versuchen nicht zu, wohl aber halte ich sie für geeignet zur Anregung neuer Beobachtungen, weil mir der folgenden Gründe wegen keiner der beiden Erklärungsversuche ausreichend erscheint.

Da die Arterienstämme ihren Inhalt fortwährend nach den Capillaren hin entleeren, so darf man erwarten, dass das Maximum ihrer Füllung, der Gipfel der Pulscurve, nur während des noch fortdauernden Zuflusses vom Herzen erreicht werden könnte. Gilt diese Annahme, so fordern vielfache der vorhin mitgetheilten Aufstiegdauern, dass während der Vagusreizung die Zeit zwischen der Eröffnung der Aorta und dem Schluss der

Kammersystole das Mehrfache von der betragen habe, welche während der Ruhe des Nerven zur Vollendung eines ganzen Herzschlages — Systole und Diastole — nöthig gewesen. Gegen den Bestand so weit verlängerter Systolen erheben sich jedoch Bedenken, weil Baxt[1] bei seinen sorgfältigen Messungen während der Reizung des N. vagus keine Zunahme der Systolendauer beobachtet hat.

Wenn der Zufluss vom Herzen aus nicht genügend lange anhält, um den Gipfel der Pulscurve zu erzeugen, so wird der Rückfluss von den Capillaren in Anspruch genommen werden müssen. Wo die Pulse ihren Gipfel in einem durch einen Absatz unterbrochenem Steigen erreichen, steht der Annahme, dass der zweite Auftrieb von einer zurückgeworfenen Welle bedingt sei, kein unbedingtes Hinderniss im Wege, indess bleibt es auffallend, dass der Rückfluss aus den Capillaren an Umfang und Dauer Werthe annehmen kann, die dem aus dem Herzen kommenden Zufluss kaum nachstehen. Wenn aber, wie es sich oft ereignet, der Gipfel der Pulscurve auf glatter Bahn ganz allmählich erstiegen wird, dann häufen sich die Zweifel an der Unterstellung, dass das Maximum der Füllung durch ein glattes Aneinanderschliessen von primärer und secundärer Welle erzeugt sei.

---

[1] *Dies Archiv*, physiologische Abtheilung, 1878. S. 133.

Bemerkungen über einige neuere Versuche an Torpedo.[1]

Von

E. du Bois-Reymond.

---

§. 1. Einleitung.

Die Untersuchungen an lebenden Zitterrochen in Berlin, welche ich im März 1883 und Juli 1885 der Akademie mittheilte, haben die erfreuliche Wirkung gehabt, in England die Theilnahme an diesem Gegenstande neu zu beleben, und zur Wiederholung und Fortsetzung meiner Versuche zu veranlassen. Mr. Francis Gotch begab sich im December und Januar des Winters 1886—87 nach Arcachon am atlantischen Ocean, wo Zitterrochen häufig sind, und experimentirte in der dortigen zoologischen Station an mitgebrachten Apparaten des Oxforder physiologischen Laboratoriums. Trotz der ungünstigen Jahreszeit konnte er im ganzen 19 Fische verarbeiten, worunter mehrere als Foeten dem Mutterleib entnommen wurden. Die Mr. Gotch's Ergebnisse enthaltende Abhandlung legte Prof. Burdon Sanderson, der wie es scheint an dessen Versuchsplänen und instrumentaler Ausrüstung einen wesentlichen Antheil gehabt hatte, der Royal Society vor, und sie erschien in den *Philosophical Transactions* vorigen Jahres.[2]

---

[1] Aus dem *Sitzungsberichte der kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften* vom 3. Mai (ausgegeben am 17. Mai) 1888. 1. Hlbbd. S. 531 ff. — Die im Folgenden als I und II angeführten beiden ersten Mittheilungen des Verfassers über 'Lebende Zitterrochen in Berlin' finden sich aus den *Sitzungsberichten der Akademie* abgedruckt in *diesem Archiv*, 1885, S. 86 ff., und 1887, S. 51 ff. — Prof. Burdon Sanderson hat die Güte gehabt, die beiden Abhandlungen in's Englische übersetzen zu lassen (*Oxford Biological Memoirs*, 1887. I. p. 417 sq.; — p. 479 sq.).

[2] Vol. 178 (1887). B. pp. 487—537; — *Proceedings of the Royal Society*. vol. XLII. N. 256. p. 357.

Nach einer kurzen geschichtlichen Einleitung, welche natürlich nicht auf Vollständigkeit Anspruch macht, aber auch in dem Gegebenen nicht auf Genauigkeit Anspruch machen kann, geht Mr. Gotch zu den Versuchen über, die in drei Reihen zerfallen: 1. über den von mir so genannten Organstrom; 2. über den zeitlichen Verlauf des Schlages; 3. über die von mir entdeckten secundär-elektromotorischen Wirkungen des Organs, und dessen gleichfalls von mir beschriebene irreciproke Leitung. Versuche der zweiten Art habe ich nicht wieder angestellt, seit ich vor dreissig Jahren zuerst mittels des Froschunterbrechers zeigte, dass die Dauer des Zitterwelsschlages und die der Muskelzusammenziehung von gleicher Ordnung sind, und ich bleibe daher hier aus dem Spiele. Was dagegen die Versuche der ersten und dritten Art betrifft, so tritt Mr. Gotch meinen Aufstellungen in mehrfacher Beziehung entgegen. Da noch längere Zeit verfliessen mag, bis ich wieder Zitterrochen bekomme; da die etwa erforderlichen neuen Versuche zum Theil nur an der See, bei unbeschränktem und ganz frischem Material, anstellbar sein werden; endlich da ich glaube Mr. Gotch auch ohne neue Versuche einiges nicht Ungewichtige entgegnen zu können: so zögere ich nicht, meine Meinung geltend zu machen, um so weniger, als vielleicht er, bei der in Aussicht gestellten Fortsetzung seiner Versuche, in die Lage kommen wird, von meinen Bemerkungen Nutzen zu ziehen.

§. 2. Bisherige Erfahrungen über den Organstrom.

Unter Organstrom ist im Gegensatz zum Schlage des Organs nach Analogie des Muskel-, Nerven-, Drüsenstromes, eine schon während der Ruhe des Organs wahrnehmbare stetige elektromotorische Wirkung zu verstehen.

Zantedeschi hat 1841 zuerst solche Wirkung am lebenden unverletzten Zitterrochen beschrieben. Er fand alle Punkte der Rückenfläche dauernd positiv gegen alle Punkte der Bauchfläche, und alle dem Gehirn näheren Punkte der Rückenfläche positiv, der Bauchfläche negativ gegen alle davon entfernteren. Die elektromotorische Oberfläche war also im Wesentlichen die nämliche wie bei einem Schlage: die Colladon'schen Ströme fehlten nicht. Nach dem Tode des Thieres sank der Strom und kehrte sich auch wohl um.[1]

Erst zwanzig Jahre später machte Matteucci, ohne Zantedeschi zu erwähnen, wieder ähnliche Wahrnehmungen bekannt. Doch ging er in zwei wesentlichen Punkten über jenen hinaus. Erstens beobachtete er den

[1] *Comptes rendus* etc. 1842. t. XIV. p. 489.

Organstrom statt am ganzen Fisch, an Stücken des Organs, vom Bauch zum Rücken im Praeparat, wie auch in derselben Richtung, nur schwächer, zwischen den Seitenflächen der Säulen und deren Bauch- oder Rückenfläche; in querer Richtung waren die Stücke unwirksam. Die Wirkung war unabhängig von der Zahl der Säulen, dagegen ihrer Länge proportional. Zweitens sah Matteucci den Strom nach jedem dem Praeparat durch elektrische oder mechanische Reizung des noch damit verbundenen Nerven entlockten Schlage vorübergehend sich heben. Er überdauert aber die Erregbarkeit der Nerven, und kann noch nach Tagen an Praeparaten von kalt aufbewahrten Thieren nachgewiesen werden.[1]

Auch am unvollkommenen elektrischen Organ des gemeinen Rochen sah 1865 Charles Robin eine dauernde Wirkung, die nach jeder Entladung sich hob.[2] Dagegen hatte ich 1857 Streifen vom Zitterwelsorgan in der Ruhe nicht merklich elektromotorisch gefunden; nur zwischen der mit der äusseren Haut bekleideten Fläche und den übrigen, natürlichen wie künstlichen Begrenzungen des Organs erhielt ich eine schwache im Organ zur Haut gerichtete Wirkung.[3] Zur selben Zeit untersuchte Hr. Eckhard in Triest den ganzen Zitterrochen wie auch Organpraeparate auf eine elektromotorische Wirkung im Zustand der Ruhe, gelangte aber seiner Meinung nach auch nur zu einem verneinenden Ergebniss.[4]

Bei dem Widerspruch zwischen einerseits seinen und meinen, andererseits Zantedeschi's, Matteucci's und Robin's Erfahrungen, war es, als Sachs zur Erforschung des Zitteraales nach Calabozo sich begab, eine der vornehmsten ihm gestellten Aufgaben, das Verhalten des ruhenden Organs bei diesem elektrischen Fisch zu ermitteln. Ihm standen, im Gegensatz zu den früheren Beobachtern, die mittlerweile erfundenen verbesserten Versuchsweisen zu Gebot: Ableitung der Ströme zur aperiodischen Bussole durch unpolarisirbare Elektroden mit Thonschilden oder -Spitzen, Messung der elektromotorischen Kraft durch Compensation.

Sachs fand jedes Stück Organ zwischen Kopf- und Schwanzfläche wirksam im Sinne des Schlages, bei etwa 4^{cm} Länge mit einer Kraft von 0·015 bis 0·030 Daniell. Zwischen verschieden hohen Punkten des Längsschnittes von Organstücken erfolgten gleichfalls Wirkungen in demselben Sinne, quer durch das Organ blieb jede regelmässige Wirkung aus. Die Kraft wurde gewöhnlich zuerst rasch sinkend angetroffen, nach einiger Zeit

[1] *Corso di Elettro-Fisiologia etc.* Torino 1861. p. 129—136; — *Comptes rendus etc.* 1865. t. LXI. p. 627.

[2] *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie etc.* 1865. p. 595. 596.

[3] *Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik.* Bd. II. Leipzig 1877. S. 718.

[4] *Beiträge zur Anatomie und Physiologie.* Giessen 1858. 4°. Bd. I. S. 161. 162.

wurde sie beständig, selten stieg sie noch etwas. Die Haut verhielt sich schwach positiv (0·005—0·008 Daniell) gegen natürliche und künstliche Begrenzungen des Organs, so dass zwischen einem am Aequator des Praeparates gelegenen Hautpunkte und der Kopffläche die Stromkraft kleiner erschien als zwischen demselben Punkte und der Schwanzfläche. Enthäutete Organstücke zeigten zwischen Kopf- und Schwanzfläche grössere, aber schneller sinkende Kraft, 0·038 bis 0·051 Daniell. Wurde dem aufliegenden Organstück ein heisser Löthkolben genähert, so dass dessen strahlende Wärme es traf, so sank die Organstromkraft etwas. Nach nur augenblicklicher mechanischer, thermischer, chemischer Erregung des Organs hinterblieb eine allmählich schwindende Erhöhung, nach elektrischem Tetanus dagegen vorübergehend Verminderung der Organstromkraft bis zur Unmerklichkeit. Ueber den Organstrom an dem noch mit der Haut bekleideten, möglichst unverletzten Thiere finden sich in Sachs' Tagebuch nur wenige nicht ganz befriedigende Angaben. Die durch die Nebenschliessung durch die Rumpfmusculatur, die Haut u. d. m. geschwächte Wirkung im Sinne des Schlages schien durch Hautungleichartigkeiten oder andere Nebenwirkungen beim Anlegen der Bäusche an die gewaltigen, über meterlangen Thiere mannigfach getrübt zu werden.[1]

Gleich an einem der ersten Zitterrochen, welche ich opfern durfte, beobachtete ich nun selber den Organstrom. Nach Ausstanzen der elektrischen Lappen wurde der Fisch mit seiner Körperscheibe in senkrechter Ebene aufgehängt. So konnte man mittels passend gestalteter und aufgestellter Bäusche beliebigen Punkten an beiden Flächen des Thieres bequem beikommen. Dabei gab sich regelmässig ein Strom im Sinne des Schlages zu erkennen, welcher am stärksten war, wenn die höchsten Säulen am medialen Rande des Organs zwischen den Bäuschen sich befanden, und schwächer wurde in dem Maasse, wie die Bäusche dem dünneren seitlichen Rande des Organes sich näherten. Auch zwischen solchen Punkten der Bauch- und Rückenfläche, unter denen kein Organ mehr liegt, war der Strom schwach, doch deutlich und ordnungsmässig vorhanden. An Organpraeparaten, welche nur aus wenigen Säulenbündeln bestanden, wies ich die säulenartige Anordnung der elektromotorischen Kräfte nach; jeder Längenabschnitt der Säulen wirkte in gleichem Sinne wie vorher das ganze Organ, und die Stärke des Stromes wuchs mit dem Abstand der ableitenden Thonspitzen. Die Grösse der Kraft zwischen Bauch- und Rückenfläche der Säulenbündel lag bei 12—29 mm Länge der Säulen zwischen 0·005 und 0·013 Raoult. An getödteten, kalt aufbewahrten Thieren kann man, wie

[1] Dr. Carl Sachs' *Untersuchungen am Zitteraal, Gymnotus electricus, nach seinem Tode bearbeitet* u. s. w. Leipzig 1881. S. 172. 173.

schon Matteucci angab, den Organstrom noch nach Tagen spurweise beobachten; die erhaltene Organstromkraft ist ein Merkmal der noch erhaltenen Leistungsfähigkeit. Später findet man die Praeparate öfter verkehrt wirksam. An einem lange gefangen gehaltenen, hungernden Fische fand ich am ganzen Thiere den Strom bald in der einen, bald in der anderen Richtung vor, und an den Organpraeparaten solcher Thiere geschieht es, dass bald die ganze Säule, bald nur deren dorsale oder ventrale Hälfte verkehrt wirkt. Nach mechanisch vom Nerven ausgelösten Schlägen erscheint der Organstrom vorübergehend verstärkt, wie schon Matteucci berichtet hatte. Endlich bewies ich, dass die Haut sich gegen die Seitenflächen der Säulen schwach positiv verhält, im Betrage von etwa 0·0036 Raoult an einem Sommer-, von 0·0009 an einem Winterfisch.[1]

Was die Bedeutung des Organstromes betrifft, so kann es nach alledem zunächst nicht zweifelhaft sein, dass er von derselben, nur viel schwächer wirksamen Anordnung elektromotorischer Kräfte ausgeht, welche unter dem Einflusse der Nerven oder bei unmittelbarer Reizung den Schlag erzeugt. So lange er, wie in Zantedeschi's ersten Versuchen, nur am unverletzten Thiere beobachtet war, konnte man ihn dem Tonus einiger Muskeln vergleichen,[2] und dies hätte erklärt, weshalb er an den Organpraeparaten des Zitterwelses fehlte. Daran war nicht mehr zu denken, nachdem ihn Matteucci auch an blossen Organpraeparaten erkannt hatte. Nun liegt die Vermuthung nahe, dass er eine Nachwirkung des Schlages sei, der ja unmerklich in ihn übergeht.[3] Die Verminderung durch Tetanus, welche Sachs am Zitteraale beobachtete, kann man durch Erschöpfung der ihn erzeugenden Kräfte, oder durch negative Polarisation erklären, welche den Zuwachs an positiver Nachwirkung überwiegt. Die Umkehr des Organstromes im Tode erinnert an die beim Absterben zarterer Muskeln häufig vorkommende Umkehr des Muskelstromes.[4] Die von Sachs bemerkte grössere Stärke des Stromes an enthäuteten Praeparaten lässt sich vorläufig darauf zurückführen, dass die Haut als schwächende Nebenschliessung wirkt (s. unten S. 327).

§. 3. Mr. Gotch's Versuche über den Organstrom am unversehrten Zitterrochen.

Das erste Ergebniss von Mr. Gotch's Untersuchung ist, dass er das Vorhandensein des Organstromes am unversehrten Thiere leugnet. An zehn

---

[1] I. S. 109—116; — II. S. 54—60.

[2] I. S. 110.

[3] *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 173; — I. S. 116.

[4] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. Abth. I. Berlin 1849. S. 154.

Fischen erhielt er zwischen zwei der Mitte des einen Organs vom Bauch und Rücken her angelegten Thonspitzen eine sehr schwache Wirkung, sechsmal im Sinne des Schlages, viermal im verkehrten Sinne, welche aber seiner Meinung nach nichts mit den Organen oder dem Organstrom zu thun hatte, sondern von der Haut herrührte.

Von der elektromotorischen Wirkung der Haut sagt Mr. Gotch seltsamer Weise: „The subject has been investigated by du Bois-Reymond, but without any decisive results.“[1] Ich weiss wirklich nicht, wie man schärfer, als ich es that, den Beweis führen könnte, dass die Haut des Zitterrochen sich schwach positiv gegen die blossgelegten Flächen der Säulen verhält, ganz wie ein entsprechendes Verhalten auch schon von mir beim Zitterwelse, von Sachs beim Zitteraale nachgewiesen worden war.[2] Wie dem auch sei, Mr. Gotch giebt an, dass verletzte Hautstellen sich negativ gegen die unverletzten tieferen Theile verhalten (that in the injured skin the surface becomes negative to the deeper uninjured parts), was mir nicht klar ist, und er gründet darauf die Vermuthung, dass die am scheinbar unverletzten Thiere beobachteten Ströme von nichts herrühren als von Hautabschürfungen, welche dem Thiere beim Fange, beim Handhaben u. d. m. zugefügt worden seien.[3]

Es ist mir unverständlich, wie Mr. Gotch sich diese Meinung bilden konnte angesichts der von mir ausdrücklich hervorgehobenen, mit Zahlen belegten Thatsache, dass die Stärke des Organstromes an den verschiedenen Stellen des Organs seiner Dicke, d. h. der Länge der Säulen proportional gefunden wird; einer Thatsache, die um so weniger zu bezweifeln scheint, als schon Zantedeschi's erste Beobachtungen sie in anderer Form enthalten, sofern er am ruhenden Organ die Colladon'schen Ströme wahrnahm. Mr. Gotch hat meinen Versuch nicht wiederholt, sondern die ableitenden Spitzen immer nur der Mitte der Bauch- und Rückenfläche angelegt.

Dass er den Organstrom am lebenden Thiere nur unvollkommen zu sehen bekam, lag wohl an dem durch die Jahreszeit bedingten wenig günstigen Zustand seiner Fische. Die im Sommer im Bassin d'Arcachon — einer Art Lagune — häufigen Zitterrochen verlassen, wie er berichtet, zum Winter dessen seichtes Gewässer, und suchen das tiefere Meer auf, auf dessen sandigem Boden sie unweit des Ufers gefunden werden. Sie wurden über Nacht mit dem Scharrnetz (trawl) gefangen, in Bottichen auf dem Verdeck des Fahrzeuges eingebracht, und langten so erfroren an, dass

[1] L. c. p. 501.
[2] II. S. 59—60.
[3] L. c. p. 494—503.

sie nicht einmal mehr reflectorisch schlugen und kein anderes Lebenszeichen von sich gaben, als die Athembewegungen an den Spritzlöchern. In den Becken des Aquariums, deren Wasser aber auch nur 10° C. warm war, kamen sie wieder zu sich; doch ist klar, dass sie, obschon frischer gefangen, in keiner viel besseren Verfassung sich befanden, als der gleichfalls im Winter von mir untersuchte Fisch, an welchem auch ich den Organstrom vermisste. In einem Falle wird die Temperatur des im Versuch aufliegenden Organs von Mr. Gotch zu 5° C. angegeben.[1] Um den Unterschied zwischen der Leistungsfähigkeit solcher Thiere und der normalen zu ermessen, erinnere man sich, dass im August 1831 Hr. Colladon in La Rochelle von einem kleinen Fisch binnen zwei Minuten 78 freiwillige Schläge erhielt, und dann auf Reizung einen so heftigen, dass er das Thier fallen liess.[2] Mr. Gotch's den Organstrom versagende Fische hatten offenbar seit längerer Zeit nicht geschlagen, die Nachwirkung der letzten Schläge war unmerklich geworden, und deshalb gaben sie keinen Organstrom. Bemerkt sei noch, dass Mr. Gotch, um seine Behauptung des Fehlens des Organstromes am unversehrten Thiere zu stützen, sich nicht auf Hrn. Eckhard's oben angeführte Versuche berufen dürfte. In Wahrheit nämlich hat Hr. Eckhard den Organstrom wohl gesehen, ihn aber misskannt, weil er ungleich stärkere Wirkungen erwartete.[3]

§. 4. Mr. Gotch's Versuche über den Organstrom an Organpraeparaten.

Mr. Gotch's Neigung, dem unversehrten Zitterrochen den Organstrom abzusprechen, wurzelt in seinem Bestreben, diesen Strom dem Muskel- und Nervenstrom gleichzusetzen, welche nach der Schule, zu der Mr. Gotch sich ausdrücklich bekennt, ja gleichfalls nicht im unverletzten Thiere angenommen werden. Zu dieser Gleichsetzung aber gelangt er auf folgende Weise.

Er fand, dass ein Schnitt durch das Organ in der Nähe der dem Bauch und Rücken angelegten Thonspitzen einen im verkehrten Sinne zufällig vorhandenen, sehr schwachen Strom in einen etwas stärkeren, richtig gerichteten, verwandelte. Durch weitere Schnitte, welche das abgeleitete Stück so umgrenzten, dass es nur noch medianwärts in seinem natürlichen Zusammenhange blieb, wurde die Kraft im richtigen Sinne noch vermehrt, zuletzt bis zu 0·0015 Raoult. Wurde durch folgweise geführte trans-

---

[1] L. c. p. 506.

[2] *Comptes rendus etc.* 1836. t. III. p. 490.

[3] I. S. 115.

versale Schnitte eine dadurch gewonnene keilförmige Scheibe des Organs mehr und mehr verschmälert und schliesslich durch sagittale Schnitte auf ein Bündel von nur wenigen Säulen reducirt, so fand sich nach jedem Schnitt die Organstromkraft etwas erhöht, sank aber im Laufe weniger Minuten wieder tief herab. Sie erreichte übrigens in Mr. Gotch's Versuchen, vermuthlich in Folge der Kälte, nur einmal 0·005 Raoult, d. h. die untere Grenze der gewöhnlich in meinen Versuchen vorkommenden Kraft.

Wurde ein heisser Eisendraht einem von Bauch- und Rückenhaut durch Thonschilde abgeleiteten Praeparat genähert, so dass die strahlende Wärme es traf, so wuchs vorübergehend die Organstromkraft (von 0·0017 zu 0·0022), ganz wie nach meinen Versuchen die Muskelstromkraft,[1] dagegen im Widerspruch mit dem von Sachs bei dem gleichen Versuch am Zitteraal beobachteten Erfolge (s. oben S. 319).

Bis hierher ist Mr. Gotch noch nicht über den Kreis der bisherigen Erfahrungen über den Organstrom hinausgegangen. Nun jedoch kommt ein ihm eigenthümlicher, neuer Versuch, welcher darin besteht, dass er Säulenbündel zwei Secunden lang in heisses Wasser taucht, und zwei Minuten später sie von Bauch- und Rückenhaut ableitet. Er sah dadurch die Organstromkraft beträchtlich erhöht; bei einem Säulenbündel von gewöhnlicher Länge bis zu 0·0226, ja 0·0336 Raoult, also bis zu mehr als dem doppelten der höchsten von mir verzeichneten Werthe. Auch wenn nur die dorsale oder nur die ventrale Hälfte der Bündel eingetaucht worden war, wurden sie im richtigen Sinne stärker wirksam gefunden, was beweist, dass es sich nicht um eine hydrothermische Wirkung handelte. Die ungewöhnlich hohen Werthe der Stromkraft, welche bei diesen Versuchen im ersten Augenblick erhalten wurden, sanken aber binnen einer Viertelstunde auf ganz gewöhnliche Grössen herab. Die Temperatur des heissen Wassers findet sich nicht angegeben, doch erschien der Umfang der Praeparate undurchsichtig getrübt, und man konnte sicher annehmen, dass diese Theile getödtet seien.

§. 5. Mr. Gotch's Theorie des Organstromes. Kritik derselben.

Auf seine Beobachtungen gründet nun Mr. Gotch folgende Theorie des Organstromes.

Von dem Muskel- und Nervenstrom stellt er sich vor, dass sie auf einer Dauererregung, einem „*excitatory change*“ der Muskel- und Nervensubstanz durch irgend welche Verletzung beruhen; wohl die überraschendste

---

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 202. 203 Anm.

Form, welche die proteusartigen Hermann'schen Hypothesen annehmen konnten, die einst mit der Negativität unter Säuerung schneller sich spaltender, fermentähnlich wirkender Inogen-Molecüle gegen langsamer sich spaltende begannen. Im unversehrten Zitterrochen soll es, wie schon gesagt, keinen Organstrom geben, obschon Zantedeschi und ich ihn gesehen haben, ja die ähnliche Wirkung von Organpraeparaten erst lange nach der des ganzen Thieres von Matteucci nachgewiesen wurde. Die Schnitte und die Hitze sollen dadurch wirken, dass sie am Umfang der Praeparate eine geringere oder grössere Anzahl von Säulen verletzen. Der zurückbleibende Theil einer der Länge nach zerschnittenen, der lebendig gebliebene einer von der Seitenfläche her halb verbrühten Säule soll den Organstrom erzeugen, indem die übrig oder lebendig gebliebenen Theile der elektrischen Platten in Dauererregung gerathen, in welcher sie stundenlang verharren, wie angeblich Muskel- und Nervensubstanz in der Nachbarschaft einer Verletzung. Die Dauererregung elektrischen Gewebes bestehe aber, der Function dieses Gewebes gemäss, darin, dass es schwach elektromotorisch thätig werde in demselben Sinne, in welchem es bei Ausübung seiner Function stark elektromotorisch wirkt.

Ich halte diese Gleichstellung von Muskel- und Organstrom schon rein logisch für verfehlt. Wenn Dauererregung der Platten deren physiologische Function schwach bethätigte, so müsste, damit Analogie stattfände, Dauererregung der Muskeln sich in einer schwachen tonischen Spannung des ganzen Muskels äussern. Wenn statt dessen an der „Demarcationsfläche“ des Muskels (um in der Sprache der Schule zu reden, der ich einst diesen Ausdruck unter den Fuss gab[1]) eine darauf senkrechte „abmortuale“ elektromotorische Kraft entsteht, so müsste, damit Analogie stattfände, dasselbe auch an den elektrischen Platten der Erfolg sein: es müsste elektromotorische Wirkung nicht im Sinne des Schlages, sondern senkrecht darauf in der Ebene der Platte, von der Schnittfläche fort, entstehen. Wenn in der Platte von der Schnittfläche aus die elektrische Erregung sich über die ganze Platte ausbreitet, so müsste, damit Analogie stattfände, auch der ganze Muskel von der Demarcationsfläche aus elektromotorisch thätig werden. Wenn die elektromotorische Thätigkeit des Muskels aber auch auf die Demarcationsfläche und deren nächste Umgebung beschränkt bliebe, so müsste doch, damit Analogie stattfände, bei stärkerer Reizung der Muskel plötzlich im Sinne des Muskelstromes etwa in dem Verhältniss stärker wirksam werden, in welchem der Schlag den Organstrom übertrifft, mit anderen Worten, statt der negativen müsste eine ungleich stärkere positive Schwankung die Zuckung begleiten.

---

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 116. 352.

Der ganze Begriff der Dauererregung in der Art, wie Mr. Gotch ihn handhabt, ist aber in hohem Grade fragwürdig. Dieser Begriff überhaupt ist meines Wissens zuerst aufgestellt worden von Hrn. Goltz, welcher die auf eine Nervendurchschneidung folgende anhaltende Lähmung von Gefässen durch Dauerregung gefässerweiternder Fasern erklärte, damit jedoch auf lebhaften Widerspruch stiess. Er selber hat schon seine Lehre in Beziehung zur elektromotorischen Thätigkeit der Nerven gebracht, aber anders als es jetzt hier geschieht, nämlich indem er bemerkt, dass, falls seine Ansicht richtig wäre, der Ruhestrom des Nerven immer schon als im Zustand mässiger negativer Schwankung zu betrachten sein würde,[1] was ein ganz richtiger Schluss ist. An den Muskeln, besonders dem Sartorius, sieht man bekanntlich nicht selten in Folge örtlicher Reizung einzelne Strecken in Dauercontraction, und demgemäss in negativer Schwankung begriffen. Sofern die ideellen Querschnitte des Muskels, zwischen welchen er in submaximalem Tetanus verharrt, nach Art mechanischer oder thermischer Querschnitte, nur schwächer, elektromotorisch thätig sind, kann man allenfalls sagen, dass diese Thätigkeit auf Dauererregung beruhe. Nichts aber berechtigt dazu, wie Mr. Gotch es thut, den elektrischen Vorgang von der Zusammenziehung zu trennen; anzunehmen, dass an einer Schnittfläche eine maximale elektromotorische Kraft auftrete, ohne dass dabei eine Spur von Zusammenziehung nachweisbar sei.

Doch ich bescheide mich, dies Wirrsal schiefer Analogien völlig aufzuklären. Man sieht, glaube ich, zur Genüge, auf wie schwachen Füssen Mr. Gotch's Aufbau ruht. Aber noch mehr. Nirgend hat er bewiesen, dass am Umfang seiner Praeparate wirklich solche der Länge nach angeschnittene Säulen stehen blieben, wie er es ohne Weiteres annimmt. Bei meinem Verfahren, Säulenbündel herzustellen, habe ich trotz aufmerksamster Betrachtung unter der Lupe in physiologischer Steinsalzlösung von solchen angeschnittenen Säulen nichts sehen können, so dass ich schliessen musste, dass die Säulen vor den Blättern der Scheere mit unverletzten fibrösen Hüllen sich von einander trennen.[2] Mr. Gotch beschreibt seine Praeparationsweise nicht näher, scheint sich aber zur Herstellung von Organpraeparaten des Rasirmessers bedient zu haben. Dabei mögen am Umfang der unverletzten Säulen Plattenfetzen der verletzten hängen bleiben; es ist aber doch sehr fraglich, ob sie in ihrer zur Richtung des Schlages senkrechten Lage verharrten, nicht mannigfach sich verlagerten und dadurch ihre etwaige Wirkung einbüssten.[3] Jedenfalls ist es höchst unwahrschein-

---

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1874. Bd. IX. S. 182. 196.
[2] I. S. 112.
[3] II. S. 91.

lich, dass angeschnittene oder zur Hälfte verbrühte Platten von wenigen Quadratmillimetern Oberfläche stundenlang wirksam bleiben sollten, da doch am Muskel und Nerven vom mechanischen oder thermischen Querschnitt aus der Tod unaufhaltsam fortschreitet.

Das gleiche Verhalten des Organstromes, des Muskel- und des Nervenstromes gegen Temperaturerhöhung, auf welches Mr. Gotch sich beruft,[1] welches aber doch erst sehr unvollständig erwiesen ist (s. oben S. 323), giebt für seine Theorie eine um so schwächere Stütze ab, als ja noch manche andere thierische Function, beispielsweise die Athmung wechselwarmer Thiere, eine ähnliche Abhängigkeit von der Temperatur zeigt.

Wie viel einfacher und natürlicher gestalten sich die Dinge, wenn man, anstatt die Thatsachen auf das Streckbett einer jeder sicheren Grundlage ermangelnden und vorläufig noch entbehrlichen Hypothese zu spannen, sie nimmt, wie sie sich dem unbefangenen Blicke darbieten. Sobald man den Organstrom als Nachwirkung vorausgegangener Schläge auffasst, bleibt keine nennenswerthe Schwierigkeit zurück. An Stelle des hier ganz leeren Begriffes der Dauererregung, eines „*excitatory change*", wobei man sich nichts zu denken vermag, tritt die klare Vorstellung einer unter der Einwirkung der Nerven vor sich gehenden, den Schlag erzeugenden säulenartigen Anordnung elektromotorischer Kräfte in der Dicke der Platte, welche erst schneller, dann langsamer sinkend, spurweise noch lange hinterbleibt; daher der Organstrom auch am lebenden Thiere gefunden wird, und zwar, bis auf die absolute Höhe der Potentiale und bis auf die Induction, mit derselben elektromotorischen Oberfläche, wie der Schlag. Wird er vermisst, so beruht dies auf schlechtem Zustand der Thiere in Folge von Kälte, Hunger u. d. m., und auf demgemäss seit längerer Zeit ausgebliebener Thätigkeit der Organe. Dabei kommt noch in Betracht, dass der am lebenden Fisch stattfindende Stoffwechsel die Nachwirkung vielleicht schneller verwischt, als sie am Organpraeparat schwindet.

Werden dann in solchem Organ Schnitte angebracht, Stücke davon abgeschnitten, so kann dies nach Matteucci's, Sachs', Hrn. Babuchin's, Mr. Gotch's und meinen eigenen Erfahrungen doch kaum ohne einige Schläge abgehen, sei's dass Nervenstämme und -Aestchen getroffen werden, sei's dass unmittelbare mechanische Reizung stattfinde; und in Folge dieser Schläge, als deren Nachwirkung, kommt Organstrom zum Vorschein, stets zuerst in schnellem, dann in langsamerem Sinken begriffen. Jedesmal, dass man das Praeparat durch einen neuen Schnitt verkleinert, erfolgt wieder ein Schlag, erhält der Organstrom wieder einen Zuwachs, und sinkt er wieder in derselben Art herab.

---

[1] L. c. p. 499.

Als Sachs ein Organpraeparat vom Zitteraal mit dem heissen Löthkolben berührte, sah er das Scalenbild pfeilschnell aus dem Gesichtsfelde schiessen. Daher nach Eintauchen eines Säulenbündels in verbrühend heisses Wasser der Organstrom gleichfalls verstärkt erscheint, und sogar noch mehr als nach einem Schnitt, weil rings um das Praeparat alle Säulen, alle etwa heraushängenden oder oberflächlich gelegenen Nervenästchen kurz nach einander gereizt werden. Vielleicht trägt auch die erhöhte Temperatur da, wo sie nicht mehr tödtlich erregend wirkt und eine gewisse Grenze nicht übersteigt, zur Steigerung des Erfolges bei.

Noch ein Umstand kann beim Schneiden und Verbrühen der Praeparate die Stärke der Wirkung beeinflussen: etwa nicht erregte Säulen bilden für die erregten schwächende Nebenschliessungen, da der irreciproke Widerstand nur für augenblickliche Ströme und nur von einer gewissen Schwelle ab, nicht für beständige schwache Ströme gilt. So kann es sogar kommen, dass dünnere Säulenbündel stärker als dickere, Organpraeparate stärker als ganze vom Organ geschnittene Scheiben wirken. Die von Sachs an enthäuteten Organpraeparaten vom Zitteraal wahrgenommene grössere Stärke des Organstromes im ersten Augenblick kann, wie gesagt, auf das Fortfallen der Nebenschliessung durch die Haut gedeutet werden (s. oben S. 320), doch mögen dazu auch die wiederholten Schläge in Folge der Reizung beim Abpraepariren der Haut beigetragen haben.

Dass der Organstrom noch beobachtet werden kann, auch nachdem die elektrischen Nerven unerregbar wurden (s. oben S. 318), ist nicht auffallender, als dass ein Muskel noch unmittelbar erregbar bleibt, auch nachdem der motorische Nerv abstarb.

Uebrigens fehlt es auch bei dieser Auffassung des Organstromes nicht an einer entsprechenden Erscheinung am Muskel. Sofern es doch fast unmöglich scheint, in der negativen Schwankung die dem Schlage des Organs entsprechende elektrische Aeusserung des Muskels zu verkennen, bietet sich in der von Hermann Roeber genauer untersuchten, von mir so genannten inneren Nachwirkung des Tetanus auf den Muskelstrom[1] ein ungleich treueres elektrisches Seitenstück zum Organstrome dar, als der von Mr. Gotch dafür in Anspruch genommene Ruhestrom des Muskels.

Mr. Gotch selber nimmt eine Nachwirkung (after-effect) des Schlages an. Seine Untersuchung über den zeitlichen Verlauf des Schlages, von der gleich mehr die Rede sein wird, führt ihn dazu, dem eigentlichen Schlage eine Dauer von nur 0·07″ zuzuschreiben; eine minutenlang hinterbleibende, erst schneller, dann langsamer sinkende Wirkung des Organs in gleichem Sinne bezeichnet er als Nachwirkung, unterscheidet sie aber

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 537.

auf das Bestimmteste vom Organstrom, in welchen sie doch völlig stetig sich verliert. Wo und auf welche Merkmale hin er die Grenze zieht zwischen dieser Nachwirkung und dem Organstrom, ist mir nicht deutlich geworden. Dafür, dass er den Organstrom nicht einfach als weitere Fortsetzung der Nachwirkung auffasst, weiss ich keinen anderen Grund, als dass er übersieht, wie Darstellung eines Organpraeparates, Verbrühen desselben, ebenso wenig ohne mindestens Einen Schlag abgehen kann wie Darstellung, Verbrühen eines Muskelpraeparates ohne mindestens Eine Zuckung.

Nun ist ja zuzugeben, dass diese Wirkung des Schneidens, des Verbrühens des Organs noch nicht unmittelbar unter allen den Umständen beobachtet ist, unter welchen Organstrom erscheint, und es versteht sich, dass, ehe man der Auffassung des Organstromes als einer Nachwirkung endgiltig zustimmt, die Voraussetzung, auf welcher diese Auffassung beruht, die Probe des Versuches wird bestanden haben müssen. Dieser wird leicht anzustellen sein, indem man nach Galvani's Vorgang dem Praeparat vor dem Schnitte, dem Verbrühen den Nerven eines stromprüfenden Froschschenkels anlegt. Vor dem Verbrühen wird dies am besten so geschehen, dass man ein etwas langes Säulenbündel in der Mitte seiner Länge U-förmig zusammenbiegt, die Schenkel des U durch ein Glimmerblatt von einander isolirt und den Nerven über die zu beiden Seiten des Blattes emporragende Bauch- und Rückenfläche ihrer Enden brückt. Bei geeigneter Aufstellung des Praeparates mit der Schleife nach unten kann man ihm ein Gefäss mit heissem Wasser, besser heissem Oel, entgegenheben, da denn schwerlich eine Zuckung des stromprüfenden Schenkels ausbleiben wird. Der Entwickelung des Organstromes in Mr. Gotch's Sinne wird man die so entstehenden Zuckungen nicht zuschreiben können, dazu ist er viel zu schwach.

Ich erlaube mir Mr. Gotch dringend aufzufordern, bei nächster Gelegenheit diese Versuche anzustellen, wie auch leistungsfähigere Zitterrochen als bisher auf das Vorhandensein des Organstromes an dem, mit Ausnahme etwa der ausgestanzten elektrischen Lappen, unverletzten Thiere zu prüfen. Erst wenn beim Zerschneiden und Verbrühen von Organpraeparaten keine Zuckungen des Froschschenkels erfolgen, oder wenn das unverletzte Thier wirklich den Organstrom versagen sollte, wäre es meines Erachtens an der Zeit, auf eine andere Erklärung dieses Stromes zu sinnen, als durch Nachwirkung.

Mr. Gotch rühmt schliesslich und ausdrücklich seiner Auffassung des Organstromes als Ausdruck einer Dauererregung nach, dass sie Licht auf den Nerven- und Muskelstrom werfe. „In the organ of the Torpedo,“ sagt er, „it is easy to recognise the fact that in the effect of injury which

corresponds to the demarcation-current we are dealing with a state of excitation. This is not so easily recognised in such tissues as muscle and nerve, owing to the direction of the excitatory change. The demarcation-current in the Torpedo is a strong support for the view that in nerve and muscle the negativity of an injured as compared with an uninjured part is the electromotive expression of a prolonged local excitatory process occurring in the neighbourhood of the injury."[1] Ich kann nur wiederholen, dass dies ungenau gedacht ist. Wäre der Organstrom der „Demarcationsstrom" der verletzten elektrischen Platten, so müsste er in der Ebene der Platten „abmortual" fliessen, nicht senkrecht darauf in anatomisch vorbestimmter Richtung. Wäre dies dennoch der Fall und der Muskelstrom das Seitenstück zu dem so zu Stande kommenden Organstrom, so müsste bei stärkerer Reizung der Muskelstrom statt einer negativen eine positive Schwankung zeigen, welche sich zum Ruhestrom so verhielte, wie der Schlag zum Organstrom. Und um auch dies noch schärfer zu betonen, in der Aufstellung jenes „excitatory change", womit hier Alles erklärt wird und doch im Grunde Nichts, kann ich keinen Fortschritt in diesem Gebiet erkennen, eher erscheint sie mir als ein Rückfall in Formeln und Denkweisen, wie sie in vitalistischen Zeiten befriedigen mochten, mit welchen uns aber heutzutage nicht mehr gedient ist.

§. 6. Aufstellung des irreciproken Widerstandes des elektrischen Organs.

Zur Untersuchung des zeitlichen Verlaufes der elektrischen Vorgänge am Zitterrochen war Mr. Gotch mit einem dem Federmyographion nachgebildeten Apparate versehen, in welchem aber die schnelle Bewegung des Läufers nicht zu graphischen Zwecken benutzt wurde, sondern zum folgweisen Aufschlagen von drei Schlüsseln, S_1, S_2, S_3. S_1 öffnete den inducirenden Kreis eines graduirten Schlitteninductoriums, dessen Schlag das Organpraeparat oder den Nerven traf. S_2 öffnete eine Nebenschliessung zu einem Galvanometer, in welches nun erst die etwaige elektromotorische Wirkung des Praeparates einbrach. S_3 öffnete wieder den Galvanometerkreis, so dass dieser nicht länger geschlossen blieb als während der zwischen dem Aufschlagen von S_2 und S_3 verfliessenden Zeit. Der Läufer durchflog seine Bahn so rasch, dass diese Zeit bis auf 0·001″ verkleinert werden konnte.

Es ist schade, dass Mr. Gotch nicht mit einem mehr zu seinen Versuchen geeigneten strommessenden Instrumente ausgerüstet war, wodurch

[1] L. c. p. 535. 536.

auch seine numerischen Angaben übersichtlicher geworden wären. An Empfindlichkeit zwar liess sein Thomson'sches Galvanometer mit objectiver Spiegelablesung nichts zu wünschen übrig, allein die Beruhigungszeit der Nadel betrug 15″, und die Empfindlichkeit konnte nur durch Nebenschliessung oder durch Verschiebung des astasirenden Magnetstabes geändert werden. Es ist sonderbar, dass das zweckdienlichste Instrument der Art, die Wiedemann'sche Bussole mit meinem oder dem Siemens'schen aperiodischen Magnet, in England noch nicht Eingang fand, da doch Mr. Gotch sein Schlitteninductorium von Hrn. Kronecker, seine Polarisationswippe von Hrn. Hermann bezog, sein Rheotom, wie er selber angiebt, dem Federmyographion nachgebildet war, und seine Methodik im Wesentlichen auch sonst an die unserige sich lehnte.

Mr. Gotch hat, wie es scheint, mit gutem Erfolg zeitmessende Versuche angestellt über Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den elektrischen Nerven, das Latenzstadium des Schlages, dessen Verlauf unter verschiedenen Umständen, die Summation von Reizen im Organ. Der Schlag grosser Fische dauert länger als der kleinerer, gerade wie ich es schon am Zitterwels erkannt hatte.[1] Mr. Gotch stiess auf eine ungemein hohe Reizschwelle der elektrischen Nerven, und bestätigte Hrn. Jolyet's Entdeckung[2] der grossen Langsamkeit, mit welcher die Reizung in diesen Nerven fortschreitet. Es läge nahe, diese beiden Thatsachen in Beziehung zu setzen zu der von mir gefundenen auffallend geringen elektromotorischen Kraft derselben Nerven. Doch haben die HH. Léon Fredericq und Vandevelde[3] an den Scheerennerven des Hummers bei gewöhnlicher Reizschwelle und, nach Hrn. Fredericq,[4] sehr hoher elektromotorischer Kraft eine noch geringere Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung gefunden, als Hr. Jolyet und Mr. Gotch an den elektrischen Torpedonerven.

Mr. Gotch versuchte nun auch meine Beobachtungen über die secundär-elektromotorischen Erscheinungen am Torpedo-Organ zu wiederholen. Er gelangte dabei zu einem Ergebniss, welches mit gewissen von mir beschriebenen Thatsachen und daraus gezogenen Schlüssen in Widerspruch steht. Um den fraglichen Punkt deutlich erkennen zu lassen, wird es zweckmässig sein, zuerst meine Aufstellungen kurz in Erinnerung zu bringen.

Schon am Zitterwels-Organ wies ich 1857 secundär-elektromotorische Erscheinungen nach, welche seitdem auch in Sachs' Versuchen am Zitter-

---

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 662. 722; — *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 249.

[2] *Annales des Sciences naturelles de Bordeaux et du Sud-Ouest.* 2me Annéc. 1883. Mémoire No. 2. p. 22.

[3] *Bulletins de l'Académie royale de Belgique.* 3me Série t. XLVII. p. 21. 27.

[4] *Dies Archiv.* 1880. S. 71.

aal, in den meinigen am Zitterrochen ganz ähnlich sich zu erkennen gaben. Ich nenne homodrome Ströme solche im Sinne, heterodrome solche im umgekehrten Sinne des Schlages, relativ positive oder negative Polarisation einen Nachstrom im gleichen, beziehlich im umgekehrten Sinne des polarisirenden Stromes, absolut positive und negative Polarisation einen Nachstrom im homodromen, beziehlich im heterodromen Sinne.[1] Ströme jeder Stärke in beliebiger Richtung längere Zeit durch Organpraeparate geleitet geben relativ negative innere Polarisation. Stärkere homodrome Ströme von einer gewissen Schwelle an, und nur kurzdauernd, geben starke, sehr allmählich sinkende, absolut und relativ negative innere Polarisation. Heterodrome Ströme von gleicher Stärke und Dauer geben im Allgemeinen schwächere relativ negative, absolut positive innere Polarisation. Von der relativ negativen Polarisation, obschon sie an den Lebenszustand geknüpft erscheint, lässt sich mit gutem Grunde annehmen, dass sie mehr der gewöhnlichen inneren Polarisation thierischer Gewebe verwandt sei. Hinsichtlich der relativ positiven Polarisation durch homodrome Stromstösse dagegen entsteht die Frage, ob sie vielleicht nichts sei als ein durch den Stromstoss ausgelöster Schlag oder ob man darin eine besondere elektromotorische Wirkung im Sinne des Schlages vor sich habe, etwa eine säulenartige Anordnung elektromotorischer Elemente durch den Strom. Obschon es mehrere scheinbar sehr triftige Gründe für letztere Ansicht giebt, zögerte ich doch, nach vielen Versuchen und Erwägungen, sie als die unbedingt richtige hinzustellen. Mr. Gotch, ohne sich in eine Erörterung der Frage einzulassen, betrachtet es auf seine Zeitmessungen hin schon als ausgemacht, dass es sich nicht um einen blossen Schlag, sondern um ein „excitatory change“ handele, ähnlicher Art, aber noch länger anhaltend als die Nachwirkung des Schlages.

Meine Versuche wurden stets so angestellt, dass in dem Kreise der polarisirenden Säule und des Organpraeparates sich eine zweite Bussole befand. Sogleich bei meinen ersten Beobachtungen am Zitterwels fiel es mir sehr auf, dass der homodrome Stromstoss an dieser Bussole den heterodromen regelmässig ganz bedeutend übertraf. Entsprechendes bot sich Sachs am Zitteraal dar, und vollends jeder neue Versuch der Art an Organpraeparaten vom Zitterrochen lehrte dasselbe. Der erste Eindruck, den man bei diesem Anblick erhält, ist natürlich der, dass die Ueberlegenheit des homodromen Stromes von der relativ und absolut positiven Polarisation herrührt, welche sich zu ihm hinzufügt. Diese Vorstellung führt aber zu einer sehr bemerkenswerthen Folgerung.

Es heisse die elektromotorische Kraft der polarisirenden Säule E, die

---

[1] I. S. 117. 118.

der relativ positiven Polarisation im Augenblick der Oeffnung des polarisirenden, der Schliessung des Polarisationsstromes P, die der negativen Polarisation in demselben Augenblicke Π. Der Einfachheit halber nehmen wir an, wie wir wohl dürfen, dass der homodrome Strom fast allein absolut positive Polarisation erzeugt, während der homodrome und der heterodrome gleich starke negative Polarisation hervorrufen. Sei $n:1$ das Verhältniss der homodromen zur heterodromen Stromstärke im polarisirenden Kreise, so haben wir

$$E + P - \Pi = n(E - \Pi),$$
$$P = (E - \Pi)(n - 1),$$

wo $n > 1$ und in jedem einzelnen Falle erfahrungsmässig zu bestimmen ist. Da Π im Allgemeinen gegen E, die elektromotorische Kraft einer Anzahl Grove, vernachlässigt werden kann, darf man schliesslich nahezu setzen

$$P + E(n - 1).$$

Die folgende Tabelle [1] zeigt die Werthe, welche danach die elektromotorische Kraft der absolut positiven Polarisation in den Organpraeparaten scheinbar erreicht. Die mit *R* bezeichnete Spalte enthält die Ordnungszahlen der Reihen im Anhange zur Ersten Mittheilung, welcher die Angaben entlehnt sind; nur die der letzten wagerechten Reihe stammen aus der Zweiten Mittheilung her. Die mit *Z. d. W.* bezeichnete Spalte giebt die Zahl der in Rechnung gezogenen ersten Stromwechsel an, da bei längerer Fortsetzung der Versuche der Unterschied sich verwischt. Alles Uebrige spricht für sich selber.

R	*Z. d. W.*	*E* in Grove	Länge in Mm.	Schliessungs-zeit	n	*P* in Grove
1	8	I	—	0·0764″	1·755	0·75
3	6	V	—	0·0063	1·607	3·03
7	3	X	25	0·0764	1·614	6·14
9	8	XX	—	0·0032	2·000	20·00
10	4	XX	29	0.0764	2·951	39·02
13	6	XXX	20	0·0764	1·889	26·67
14	4	XXX	17	0·3190	2·086	32·57
20	7	L	27	0·0629	1·512	25·58
II. §. 6.	2	L	—	0·0032	1·615	30·77

[1] Diese Tabelle hat an Stelle des in der Ersten Mittheilung S. 123. 124 gegebenen rohen Ueberschlages zu treten, in welchen sich gegen das Ende ein Fehler eingeschlichen hat, der durch seine Sinnlosigkeit in die Augen springt. Am Schluss derselben soll es heissen: Vergl. übrigens S. 341 in dem unten folgenden Zusatz.

Mit den stärksten Oeffnungsschlägen meines Schlitteninductoriums, deren elektromotorische Kraft nicht bekannt ist, wurde aber n einmal $= 5$, ein andermal sogar $= 7 \cdot 52$ gefunden.[1]

Aus der Tabelle erhellt nicht so deutlich, wie aus besonders darauf gerichteten Versuchen an einem und demselben Organpraeparat, dass der Unterschied zwischen den beiden Stromstärken mit der Stromdichte wächst. Für beständige Ströme verschwindet dieser Unterschied beinahe, nie jedoch ganz; er wächst mit der Länge der durchströmten Strecke des Praeparates, wird bei querer Durchströmung vermisst, und ist, wie die Polarisirbarkeit des Organs überhaupt, an den Lebenszustand geknüpft.

Wie man sieht, folgt aus diesen Zahlen, wie ungenau sie auch sein mögen, dass, wenn die Ueberlegenheit des homodromen Stromes allein auf dem Hinzutritt der absolut positiven Polarisation beruht, diese in einem Organpraeparat zwischen 17 und 29^{mm} Länge, eine Höhe von vielen, bis zu fast vierzig, in einem Millimeter (Reihe 14) bis zu fast zwei Grove erreichen kann. Ehe man ein so ausserordentliches Ergebniss als wirklich hinnimmt, muss doch jede andere Erklärungsweise ausgeschlossen sein. Die einzige andere Deutung, welche sich bietet, ist die, dass das Organ irreciprok, den homodromen besser als den heterodromen Strom leite. Es fragt sich, wie zwischen diesen beiden Erklärungen, durch Polarisation oder durch irreciproken Widerstand, entschieden werden könne.

Ein Weg, den ich dazu betrat, bestand darin, anstatt den Bussolkreis für den Polarisationsstrom nach Durchgang des polarisirenden Stromes in sich zu schliessen, ihn als dauernde Nebenschliessung zum polarisirenden Säulenkreise am Organpraeparat anzubringen. Ich hatte Grund mir vorzustellen, dass wenn die Ueberlegenheit des homodromen Stromes auf besserer Leitung beruhe, der Stromzweig in der nebenschliessenden Bussole bei dieser Stromrichtung schwächer, stärker dagegen ausfallen müsse, wenn der Unterschied der Ströme von Polarisation herrührte. Die Wirkung fiel kleiner aus, obschon der homodrome Strom doppelt so stark war wie der heterodrome; aber eine schematische Rechnung belehrte mich, dass, wie so oft bei solchen Ueberlegungen, die blosse Anschauung mich im Stich gelassen hatte, und dass die Wirkung auch dann kleiner sein müsse, wenn nur Polarisation, nicht irreciproke Leitung stattfinde.[2]

Dann versuchte ich durch Einführung eines additionellen Widerstandes den Unterschied zwischen homo- und heterodromem Strome zum Verschwinden zu bringen, in der Meinung, dass, wenn dies gelänge, dadurch

---

[1] II. 78. 93.

[2] I. S. 125—129.

bewiesen sei, dass der Unterschied auf irreciproker Leitung beruhe. Auch dies gelingt nun in der That; aber wiederum belehrte mich die Rechnung nachträglich, dass auch in diesem Falle die Anschauung trüglich gewesen war, und der Unterschied, auch wenn er von Polarisation herrührte, durch Einführung eines hinreichenden additionellen Widerstandes verschwinden müsse.[1]

Unter diesen Umständen sah ich die Nothwendigkeit ein, einen ganz anderen Weg einzuschlagen. Ich beschloss, den specifischen Widerstand der polarisirten Organpraeparate zu bestimmen, d. h. ihn mit dem von Geweben und Elektrolyten zu vergleichen, in welchen keine neben der im Organ vorausgesetzten irgend in Betracht kommende positive Polarisation entwickelt wird. Es ist klar, dass wenn die Ueberlegenheit homodromer Ströme auf positiver Polarisation beruht, — auf einer additionellen elektromotorischen Kraft bis zu vierzig Grove, — die Organpraeparate im Vergleich zu Muskel, zu physiologischer Steinsalzlösung u. d. m. bei gleichen Maassen scheinen müssen unvergleichlich besser zu leiten; und dass dementsprechend ihr Widerstand scheinbar gewaltig zunehmen müsse, wenn sie mit ihren Lebenseigenschaften die positive Polarisirbarkeit einbüssen.

Als ich nun aber mit einer wohlbewährten Methode diesen Vergleich ausführte, zeigte sich zu meiner nicht geringen Ueberraschung, dass unter denselben Umständen, unter welchen der homodrome Strom den heterodromen weit übertrifft, das Organ, weit entfernt besonders gut zu leiten, selbst in homodromer Richtung erheblich schlechter leitet als längsdurchströmter Muskel; aber doch besser als in heterodromer Richtung in solchem Betrage, dass der Unterschied völlig ausreicht, um den der homodromen und heterodromen Stromstärke zu erklären. Beim Absterben oder Todtsieden des Organpraeparates, wobei die Polarisirbarkeit verschwindet, wird nicht allein sein Widerstand in beiden Richtungen gleich, sondern er nimmt auch ab, und zwar wird er kleiner als der kleinste Widerstand des Organs in homodromer Richtung, ja sogar als der der physiologischen Steinsalzlösung. Danach zögerte ich nicht länger, irreciproke Leitung des Organs anzunehmen, und es gelang mir auch, dieser Eigenschaft in der Mechanik des Schlages eine wichtige Nützlichkeitsrolle zuzuweisen. Uebrigens braucht kaum erwähnt zu werden, dass da die absolut und relativ positive Polarisation durch den homodromen Strom ja jedenfalls besteht, sie neben der irreciproken Leitung dazu beiträgt, diesem Strom das Uebergewicht zu verschaffen.[2]

---

[1] I. S. 124. 125; — II. S. 80—84.
[2] II. S. 85—89.

§. 7. Mr. Gotch's Einwendungen gegen den irreciproken Widerstand des elektrischen Organs.

Mr. Gotch hatte nur sechs Grove bei sich und hat, wie zu erwarten, hier damit nicht viel ausgerichtet, um so weniger, als er keine kürzere Schliessungsdauer des polarisirenden Kreises herzustellen vermochte, als $^1/_4$ Secunde. Nur vorübergehend erfolgte durch den homodromen Strom absolut und relativ positive Polarisation, welche bald in absolut und relativ negative sich verkehrte. Die Stärke des polarisirenden Stromes wurde in Ermangelung einer zweiten Bussole nicht beobachtet.

Um kürzere und stärkere Stromstösse zu erhalten, wandte sich Mr. Gotch den Oeffnungsschlägen des Schlitteninductoriums zu, in dessen inducirenden Kreis er fünf bis sechs Grove aufnahm. Ob er dadurch die Stromstärke sehr vermehrte, ist bei dem geringen Widerstande dieses Kreises zweifelhaft. Wie dem auch sei, er stellte nun mittels seines Feder-Rheotoms Versuche so an, dass er die secundäre Rolle mit dem Organpraeparat in den Kreis des Galvanometers aufnahm, welches aber durch eine Nebenschliessung abgeblendet war. S_1 öffnete wieder den inducirenden Kreis des Inductoriums, S_2 eine veränderliche kleine Zeit später die Nebenschliessung, endlich S_3 nach 0·02″ den Galvanometerkreis, durch welchen also der Polarisationsstrom nur 0·02″ lang floss. Dabei erhielt Mr. Gotch, selbstverständlich nach meinen Angaben, absolut und relativ positive Ausschläge durch den homodromen Strom. Wir werden aber gleich sehen, zu welcher anderen auffallenden Wahrnehmung sich ihm hier die Gelegenheit bot.

Von meinen obigen Ergebnissen sagt Mr. Gotch: „He finds that the (+) induction current“ — so bezeichnet er den homodromen Strom — „is considerably greater than the (—) one. This, he says, cannot be explained, and is a case of irreciprocal conduction“; und er bringt eine, wie er meint, einfachere und mehr dem heutigen Stand unserer Kenntniss entsprechende Erklärung vor, nämlich durch die sich zum homodromen Strom hinzufügende positive Polarisation; gleich als hätte ich nicht schon vor dreissig Jahren, beim ersten Anblick der Erscheinung, diesen naheliegenden Gedanken gefasst und nicht erst nach sorgfältigen Versuchen und gründlichen Erörterungen, durch Thatsachen gezwungen, die Vorstellung eines irreciproken Widerstandes hinzugefügt. Statt diesem Gange meiner Forschungen zu folgen, ignorirt sie Mr. Gotch vollständig, legt mir die Worte in den Mund: „This cannot be explained“, und erweckt bei dem Leser die Vorstellung, die Annahme irreciproken Widerstandes des Organs sei nichts als ein leichtsinniger Einfall von mir gewesen.

Mr. Gotch spricht vom irreciproken Widerstand wie von etwas physikalisch Unerhörtem, einer von mir erfundenen, fast mystischen Eigenschaft.

Es ist ihm wohl nicht gegenwärtig, dass, während für den Lichtstrahl, Einen Fall ausgenommen, das Gesetz der Reciprocität gilt, irreciproke Leitung des elektrischen Stromes in nicht homogenen Kreisen umgekehrt fast die Regel ist.[1] Was ihn bestimmte, so den irreciproken Widerstand des Organes kurzer Hand zu verwerfen, ist nun aber der allerdings bedenkliche Erfolg eines Versuches, welchen anzustellen ich weder Gelegenheit noch Anlass hatte, der sich aber ihm, bei der geschilderten Versuchsweise mit dem Feder-Rheotom, von selber darbot. Wenn er nämlich mit dem Schlüssel S_2 ganz nahe an den S_1 rückte, so dass die Nebenschliessung zum Galvanometer fast in demselben Augenblick geöffnet wurde wie der inducirende Kreis des Inductoriums, so fiel seine Versuchsweise fast zusammen mit der meinigen in den Fällen, wo ich einen Inductionsschlag bald homodrom, bald heterodrom durch das Praeparat sandte, mit dem Unterschiede jedoch, dass bei mir der ganze im Organ erzeugte Nachstrom sich durch die Bussole ergoss, während bei Mr. Gotch der Galvanometerkreis nach 0·02″ wieder geöffnet wurde. Dabei fand nun Mr. Gotch den Inductionsschlag in beiden Richtungen gleich stark. Er deutet dies so, als würde dieser Schlag, ehe der Polarisationsstrom vorhanden sei, in beiden Richtungen gleich gut geleitet, und als verdankte der homodrome Schlag seine Ueberlegenheit in meinen Versuchen nur dem später sich hinzufügenden Polarisationsstrom, welcher sich erst nach 0·05″ entwickelte. „It is not stated in du Bois-Reymond's experiments whether he cut off the after-effect which follows the passage of the induction current by closing the galvanometer circuit only up to 0·05″ after the shock. If he did not so, the full after-effect must obviously be present, and his results are thus explained.“[2]

Ich glaube meine Versuchsweise genau genug beschrieben zu haben, um keinen Zweifel darüber aufkommen zu lassen, dass ich den Bussolkreis nicht 2—5 Hundertel Secunden nach dem Inductionsschlage öffnete. Der Nachstrom ergoss sich in meinen Versuchen stets frei durch den Bussolkreis, und nach Mr. Gotch's Anschauung wäre es also doch und in der That dieser Nachstrom gewesen, welcher dem homodromen Strom seine Ueberlegenheit verschaffte. Ich hätte nun gewiss nichts dagegen, eine so erstaunliche Thatsache ans Licht gezogen zu haben, wie dass in einer 29 mm langen, zwischen den Thonschilden meiner Zuleitungsgefässe aufliegenden Säule aus dem Zitterrochenorgan noch eine elektromotorische Kraft von fast vierzig Grove erregt werden könne. In den über doppelt so langen

[1] Vergl. Christiani, *Ueber irreciproke Leitung elektrischer Ströme.* Berlin 1876; — *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Berlin 1884. Bd. II. Abth. II. S. 516. Nachtrag 44.

[2] A. a. O. S. 531.

Säulen, über welche Mr. Gotch gelegentlich verfügte,[1] wäre die secundär-elektromotorische Kraft wohl gar die doppelte gewesen. Abgesehen von der Wunderbarkeit der Sache an sich hätte ich ja so die erste Maassbestimmung über den in den elektrischen Organen entstehenden Potentialunterschied gewonnen. Ich hätte also Mr. Gotch dafür zu danken, dass er auf einem Wege, an den ich nicht gedacht hatte, mir zum Beweise der Richtigkeit einer solchen Entdeckung verhalf, dem ich lange vergeblich nachging. Hätte er nur zugleich die Güte gehabt, die für mich unüberwindliche Schwierigkeit zu beseitigen, welche mich noch verhindert, mich der Freude über die von ihm herbeigeführte Entscheidung hinzugeben.

Diese Schwierigkeit ist der oben S. 334 schon in Erinnerung gebrachte Erfolg meiner Versuche über den specifischen Widerstand des Organs verglichen mit verhältnissmässig polarisationsfreien Elektrolyten von gleichen Maassen, welcher Erfolg gerade mich bewog, den irreciproken Widerstand anzunehmen. Anstatt diese Versuche mit Stillschweigen zu übergehen, hätte Mr. Gotch uns doch sagen sollen, wie es möglich sei, dass das homodrom durchströmte Organ, trotz seiner ungeheuren secundär-elektromotorischen Kraft im gleichen Sinne, schlechter leite als Muskel, vollends als physiologische Steinsalzlösung; wie es komme, dass es abgestorben, todtgesotten, wenn es keine Spur mehr von Polarisirbarkeit besitzt, besser leite als im leistungsfähigen Zustand, besser sogar als die Steinsalzlösung, wobei zugleich der Unterschied zwischen dem Widerstand in homodromer und in heterodromer Richtung verschwindet, welcher im leistungsfähigen Zustande vollauf reicht, um die Ueberlegenheit des homodromen Stromes zu erklären. Ich halte diese Versuche in ihrer Art für beweisender als Mr. Gotch's Beobachtung, zu welcher ich Folgendes bemerken möchte.

Ich habe an seinen Versuchsprotocollen auszusetzen, dass er anscheinend versäumt, den nothwendigen Gegenversuch anzustellen, nämlich an demselben unverändert aufliegenden Organpraeparat zu zeigen, dass wenn er den Galvanometerkreis geschlossen liess, wozu er nur S_3 auszuschalten brauchte, der homodrome Strom die ihm nach meiner Angabe zustehende Ueberlegenheit erhielt. Solche Gegenversuche sind in diesem Gebiet unerlässlich, da die Organpraeparate oft sehr launisch und vergänglich sind, wovon es in den von mir mitgetheilten Versuchsreihen, vollends in meinen Tagebüchern, an Beispielen nicht fehlt. Sie wären hier um so mehr am Platze gewesen, als Mr. Gotch geradezu erklärt, dass er die von mir angekündigte Ueberlegenheit des homodromen Stromes nie gesehen habe: „no evidence was furnished by our experiments of there being in the conditions

[1] A. a. O. S. 532.

under which we worked any such remarkable difference between the apparent strength of the (+) and (—) induction currents".[1]

Hätte übrigens Mr. Gotch sich meine Versuchsreihen genauer angesehen, so wären ihm darunter einige aufgefallen, in denen die Schliessungszeit des polarisirenden Säulenstromes erheblich kleiner war, als die Zeit, während welcher er nach dem Inductionsschlage seinen Galvanometerkreis geschlossen liess, und in denen die Ueberlegenheit des homodromen Stromes dennoch auf das Deutlichste hervortritt. Dies sind (s. die obige Tabelle) die Reihe 9 aus der Ersten, und die Reihe auf S. 70 der Zweiten Mittheilung, in welcher die Schliessungszeit nur 0·0032″ betrug, also fast 16 mal kleiner war als die 0·05″ betragende Schliessungszeit in Mr. Gotch's Versuchen; ferner die Reihe 3 aus der Ersten Mittheilung, in der die Schliessungszeit 0·0063″ betrug, also fast 8 mal weniger als bei Mr. Gotch. Fünf Reihen mit nur 0·031″ finden sich auf S. 93. 94 der Zweiten Mittheilung. Wäre Mr. Gotch's Deutung meiner Versuche richtig, so hätte in diesen Reihen, besonders in denen mit nur 0·0032″ Schliessungszeit, kein Unterschied zwischen homodromem und heterodromem Strome sich kundgeben können.

Kann ich vom Standpunkt der irreciproken Leitung Mr. Gotch's Versuchsergebniss nicht erklären, ohne in gewisser Hinsicht seine Richtigkeit in Zweifel zu ziehen, so findet sich Mr. Gotch mir gegenüber, wie ich glaube, in noch ungünstigerer Lage. Er hat nicht einmal die von mir beschriebene Erscheinung dargestellt; seine Ausstellung passt nicht auf mehrere meiner Versuchsreihen; er vermag auf seinem Standpunkt nicht die von ihm mit Stillschweigen übergangenen Versuche über den specifischen Widerstand des lebenden und todten Organs zu begreifen; endlich hat er sich offenbar die befremdliche Folgerung nicht vergegenwärtigt, zu welcher die Erklärung der Erscheinung durch Polarisation allein führt: die Nothwendigkeit, in jedem Millimeter eines Organpraeparates unter Umständen eine secundär-elektromotorische Kraft von fast zwei Grove anzunehmen.

Fortgesetzte Versuche, zu welchen ich Mr. Gotch besten Erfolg wünsche, müssen lehren, auf welcher Seite die Wahrheit war.

---

[1] L. c. p. 531.

Zusatz.[1]

Mr. Gotch hat seine Untersuchungen am Zitterrochen in Arcachon im October 1887 fortgesetzt. Die Jahreszeit erwies sich diesmal als vollkommen günstig für Beschaffung und Erhaltung der Thiere im besten Zustande. Die Ergebnisse der neuen Versuche reichte Prof. Burdon Sanderson der *Royal Society* am 23. Februar 1888 ein, also vor dem Erscheinen der obigen „Bemerkungen" über Mr. Gotch's erste Mittheilung. Die Sonderabzüge der zweiten Mittheilung in den *Philosophical Transactions* sind vom 8. October 1888.[2]

Mr. Gotch's Bemühungen waren, wie er sagt, besonders darauf gerichtet, das Problem der von mir dem Organ zugeschriebenen irreciproken Leitung zu fördern. Ich kann nicht finden, dass ihm dies über den Punkt hinaus gelungen sei, bis zu welchem er schon das erste Mal gelangte. Zwar hat er jetzt die Ungleichheit eines homodromen und eines heterodromen Stromstosses zu sehen bekommen, die ihm damals entgangen war. Er wiederholte dann mit dem als Rheotom eingerichteten Federmyographion die Versuche, in welchen der Bussolkreis sehr kurze Zeit nach einem durch das Organpraeparat und die Bussole geleiteten Oeffnungsinductionsschlage geöffnet wurde, und bestätigte seine frühere Angabe, dass unter diesen Umständen keine scheinbare Irreciprocität der Leitung stattfinde, d. h. dass der homodrome und der heterodrome Stromstoss gleich stark ausfallen. Er schliesst daraus, dass es keine Irreciprocität gebe und dass der Anschein einer solchen nur durch algebraische Summirung des Stromstosses und der secundär-elektromotorischen Wirkungen erzeugt werde.

Dabei lässt Mr. Gotch nach wie vor den Leser glauben, ich sei auf diesen, beim ersten Blick sich darbietenden, seit meinen Zitterwels-Versuchen im Jahre 1857 mir geläufigen und wiederholt von mir geäusserten Gedanken nicht auch verfallen, sondern hätte statt dessen, um die von mir entdeckte Erscheinung zu erklären, die irreciproke Leitung aus der Luft gegriffen. Mit der von Prof. Burdon Sanderson besorgten Uebersetzung meiner Abhandlung (s. oben S. 316 Anm.) in Händen, konnte er doch nicht umhin, zu wissen, dass ich erst neuerlich nach langen Ueberlegungen und mannigfaltigen Versuchen an den lebend nach Berlin gelangten Zitterrochen mich entschloss, der Erklärung durch Schlag oder Polarisation die durch irreciproke Leitung nicht vorzuziehen, sondern hinzu-

---

[1] Dieser Zusatz bildet keinen Theil der Mittheilung an die Akademie.

[2] Further Observations on the Electromotive Properties of the Electrical Organ of *Torpedo Marmorata. Proceedings etc.* Vol. XLIII. No. 264. p. 418; — *Transactions etc.* vol. 179 (1888) B. pp. 329—363.

zufügen; dass bis zu dieser Entscheidung ich stets nur von der „scheinbaren Irreciprocität der Leitung" sprach. Freilich hat er meine Abhandlung so oberflächlich sich angesehen, dass er ausdrücklich hervorhebt, die kürzeste Dauer, welche ich dem polarisirenden Strom ertheilt habe, sei 0·03″ gewesen,[1] während sie (s. oben S. 338) 0·00315″ betrug, also fast 16 mal kleiner war als die, bei welcher nach seinen ersten Angaben schon jede Irreciprocität verschwinden sollte, und um nur 0·00065 grösser als die, welche er jetzt anwendete. Und es verdient bemerkt zu werden, dass auch bei meinen Versuchen das auf eine besondere Art eingerichtete Federmyographion dazu diente, die kurzen Schliessungszeiten herzustellen, wie dies in einer bald erscheinenden Abhandlung beschrieben werden wird, daher die Genauigkeit der Zeitbestimmung bei Mr. Gotch und bei mir wohl ziemlich die gleiche war.

Nach wie vor übergeht Mr. Gotch mit völligem Stillschweigen die Versuchsreihe, durch welche ich im Verfolg einer sorgfältigen Experimentalkritik der beiden Erklärungen fand, dass bei gleichen Maassen ein Organpraeparat nicht nur den heterodromen, sondern auch den homodromen Stromstoss erheblich schlechter leitet als Muskel, vollends als physiologische Steinsalzlösung, dass aber der Widerstand des Praeparates für beide Ströme gleich wird und dabei unter den des Muskels, ja der Steinsalzlösung sinkt, wenn das Praeparat abstirbt oder todtgesotten wird: Thatsachen, welche bis auf Weiteres unverträglich sind mit der Gegenwart im Praeparat einer elektromotorischen Kraft von vielen Grove, wie man sie braucht, um ohne irreciproke Leitung auszukommen. Gerade dies war, ich wiederhole es, die Wahrnehmung, welche mich schliesslich bestimmte, irreciproke Leitung im Organ anzunehmen; übrigens, wie ich an zwei Stellen ausdrücklich erklärte,[2] nur neben der algebraischen Summirung der polarisirenden und der Polarisationsströme, an der ja kein Zweifel sei. Eine höchst bequeme Forschungsweise fürwahr, die des Mr. Gotch, der mit vollkommener Seelenruhe die Thatsachen todtschweigt, die, wenn er sie berücksichtigte, ihm freilich die grössten Schwierigkeiten bereiten würden. Wenn aber Mr. Gotch jetzt schreibt: „*The discovery of the response of the strip of organ is entirely due to the use of the rheotome method, for without it the induction shock masks the response*",[3] und so mit dürren Worten nunmehr für sich die Entdeckung der secundär-elektromotorischen Wirkungen des Organs in Anspruch nimmt, so übersieht er, dass ich mit zwei Kreisen, einem Säulen- und einem Bussolkreise arbeitete, in welchem letzteren der Nachstrom, gleichviel wie zusammengesetzt aus Schlag, Nachwirkung, positiver und

[1] L. c. p. 345.
[2] I. S. 128; — II. S. 96.
[3] L. c. p. 345.

negativer Polarisation, durch meine Polarisationswippe getrennt vom polarisirenden Säulenstrom, Inductionsstoss, Flaschenschlage, in Hunderten von Versuchen völlig rein zum Vorschein kam.

Prof. Burdon Sanderson und Mr. Gotch haben im Juli 1887 in St. Andrews an der schottischen Küste eine Untersuchung am elektrischen Organ eines gemeinen Rochen, *Raja batis*, angestellt, welche Robin's und Hrn. Babuchin's Beobachtungen wesentlich vervollständigt.[1] Robin hatte angegeben, dass die Richtung des Raja-Schlages dieselbe sei wie bei Gymnotus und bei Malopterurus, nämlich vom Kopfende des Organs zum Schwanzende im Galvanometerdraht: „La direction du courant prouve que la lame appliquée sur la *partie antérieure* de l'organe lui enlève l'électricité *positive* et la lame en contact avec l'extrémité *terminale* lui enlève l'électricité *négative*.“[2] In der Abhandlung über die Zitterwelse bemerkte ich dazu, 1) dass bei Malopterurus der Schlag die umgekehrte Richtung habe wie bei Gymnotus, 2) dass, wenn er bei Raja dieselbe Richtung habe wie bei Gymnotus, er der Pacini'schen Regel nicht folge, nach welcher Max Schultze vorausgesagt hatte, dass bei Raja dieselbe Schlagrichtung sich finden würde, wie bei Malopterurus.[3] Trotz dem obigen ganz unzweideutigen Wortlaut Robin's klagen mich jetzt Prof. Burdon Sanderson und Mr. Gotch an ihm Unrecht gethan zu haben, behaupten, er habe schon die Schlagrichtung bei Raja richtig angegeben, geben sie selber aber umgekehrt an wie Robin, nämlich vom Kopfende zum Schwanzende im Organ.[4] Das Interessante hieran ist, dass das Raja-Organ also doch, Max Schultze's Voraussage entsprechend, dieselbe Schlagrichtung hat wie das Malopterurus-Organ, und folglich der Pacini'schen Regel gehorcht, so dass von den vier darauf untersuchten elektrischen Fischen nur Malopterurus sich ihr entzieht, sofern man Max Schultze's Erklärung dieser Anomalie nicht gelten lässt. Es braucht kaum gesagt zu werden, wie dringend wünschenswerth es wäre, nun auch die Mormyrusarten in dieser Hinsicht zu prüfen,[5] was mit der Jodkaliumelektrolyse, unter gehöriger Beachtung des secundären Fleckes, so leicht ausführbar ist.[6]

Auch die secundär-elektromotorischen Erscheinungen liessen sich an dem Raja-Organ nachweisen. Die Verfasser versuchten dann sogar, die elektromotorische Kraft des überlebenden Organs zu messen, indem sie den

---

[1] On the Electrical Organ of the Skate. *Journal of Physiology etc.* vol. IX. p. 137 sqq.

[2] *Comptes rendus etc.* 1865. t. LXVI. p. 239. 241; — *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie etc.* Par M. Charles Robin. 2me Année 1865. p. 588.

[3] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 621. 622.

[4] L. c. p. 146.

[5] *Dies Archiv*, 1882. S. 71 ff.

[6] II. S. 106.

Strom einer wachsenden Anzahl von Callaud'schen Elementen 0·002″ lang durch einen Kreis sandten, in welchem bei gleicher Schliessungszeit und gleichem Widerstande der Schlag des Organs eine gewisse Galvanometerablenkung bewirkt hatte. Sie fanden, dass 3 Callaud ungefähr dieselbe Wirkung hervorbrachten, wie eine 10 ^{cm} lange Strecke des Organs, wonach sie die Kraft des Raja-Organs für 1 ^{cm} Länge zu 0·5 Volt veranschlagen. Die Kraft des Torpedo-Organs bei gleicher Länge schätzen sie auf das Zehnfache, zu 5 Volt.[1] Doch ist zu bemerken, dass nach meines Wissens allgemein gültigen Bestimmungen 1 Callaud sehr nahe = 1 Volt ist.[2] Danach wären für 0·5, 5·0 beziehlich nur 0·3, 3·0 Volt = 0·27, 2·69 Daniell zu setzen.

Die höchsten Säulen an meinen Fischen waren nicht ganz 3 ^{cm} lang, und ihre Kraft hätte demnach nur etwa 8 Daniell betragen. Natürlich muss sie am lebenden Thiere eine ungleich grössere sein, da man mit 8 Daniell nicht die physiologische Wirkung des Zitterrochenschlages nachahmen kann. Allein auch die Kraft des überlebenden Organs ist sicher bedeutender.

Sieht man ab von der Möglichkeit irreciproker Leitung, so giebt uns der Unterschied des homodromen und des heterodromen Säulenstromes in unseren Versuchen ein Mittel an die Hand, um die secundär-elektromotorische Kraft mit der der Säule zu vergleichen. Da der Säulenstrom früher anfängt als die secundär-elektromotorische Wirkung, kann man sicher sein, dergestalt wenigstens eine Grenzbestimmung für jene Kraft zu gewinnen. Oben S. 332 habe ich solche Bestimmung versucht für den einfachsten Fall, dass der heterodrome Strom nur negative Polarisation, diese aber in gleichem Betrage mit dem homodromen erzeuge, und dass die negative Polarisation gegen die Kraft der Säule verschwinde. Gegen die Annahme, dass nur der homodrome Strom absolut positiver secundär-elektromotorischer Wirkung fähig sei, lässt sich indess einwenden, dass der heterodrome Strom, wenn auch weder absolut noch relativ positive Polarisation zu hinterlassen, doch wohl einen Schlag auszulösen vermöge, und mit Berücksichtigung dieses Umstandes, wie überhaupt der im ersten Augenblick nach der Oeffnung des polarisirenden Säulenstromes wirklich auftretenden secundär-elektromotorischen Wirkungen stellen sich die Dinge ungefähr folgendermaassen dar.

Seien P_{ho} und P_{he} die absolut positiven secundär-elektromotorischen Wirkungen beziehlich durch den homodromen und heterodromen Strom, gleichviel ob Schlag oder Polarisation, so haben wir (s. oben S. 332) im Säulenkreise erfahrungsmässig in allen Fällen

$$E + P_{ho} - \Pi = n(E - P_{he} - \Pi),$$

[1] L. c. p. 152. 164.

[2] Wiedemann, *Die Lehre von der Elektricität.* Bd. I. 1882. S. 790.

oder auch

$$E + P_{ho} - \Pi > E - P_{he} - \Pi,$$

wo E, Π, n dasselbe bedeuten wie früher. Es fragt sich, wie verschiedene Annahmen, die wir über das Verhältniss $P_{ho} : P_{he}$ machen können, sich mit dieser Ungleichheit und mit dem beobachteten Verhältniss zwischen den secundär-elektromotorischen Wirkungen vertragen.

Setzen wir zuerst, wie bei Berechnung der Tabelle oben S. 332, $P_{he} = 0$, so hat man, da es nur auf die absolute Grösse ankommt,

$$P_{ho} - \Pi > \Pi.$$

Da die heterodrome secundär-elektromotorische Wirkung nur aus Π besteht, welches wegen der kurzen Schliessungszeit nur einen sehr kleinen Werth haben kann, muss die homodrome die stärkere sein. Wo sie als die schwächere sich zeigte, konnte folglich P_{he} nicht Null sein, und die unter dieser Voraussetzung berechneten secundär-elektromotorischen Kräfte sind zu gross. Dies ist der Fall für die Mehrzahl der Bestimmungen in der Tabelle, nicht jedoch für die der Reihe 10 entnommene, welche gerade den grössten Werth der secundär-elektromotorischen Wirkung lieferte, 39 Grove oder 68 Volt.

Setzen wir nunmehr im Gegentheil $P_{he} = P_{ho}$, oder beide $= P$, so wird unsere Formel

$$E + P - \Pi = n\,(E - P - \Pi),$$

und, wenn wir wieder Π gegen E vernachlässigen,

$$P = E \cdot \frac{n-1}{n+1}.$$

Statt der oben aufgestellten Werthe für P in Grove erhält man dann kleinere, von welchen ich nur den grössten, als unteren Grenzwerth der von uns gesuchten Kraft anführe, nämlich aus der mit II. §. 6 bezeichneten Reihe $P = 11 \cdot 76$ Grove oder 21 Volt. Die homodrome secundär-elektromotorische Wirkung muss unter dieser Voraussetzung nothwendig unter der heterodromen bleiben wegen

$$P - \Pi < P + \Pi,$$

was, wie wir eben sahen, zwar in vielen, keinesweges in allen Fällen zutrifft.

Danach ist klar, dass die so berechneten secundär-elektromotorischen Kräfte nun wieder zu klein sind, und dass das wirkliche Verhältniss der homodromen zur heterodromen Wirkung einen Werth von P_{he} zwischen $P_{he} = 0$ und $P_{he} = P_{ho}$ verlangt. Setzen wir $P_{he} = \nu\, P_{ho}$, wo $\nu < 1$, so wird die Formel

$$E + P_{ho} - \Pi = n\,(E - \nu P_{ho} - \Pi)$$

und, wenn wir wieder Π gegen E vernachlässigen,

$$P_{ho} = E \cdot \frac{n-1}{\nu n + 1}.$$

Einen Fingerzeig, wie klein wir wohl v nehmen dürfen, giebt uns das Verhältniss 280:45 der homodromen zur heterodromen secundär-elektromotorischen Wirkung in Reihe 10. Hier war also $v = \frac{1}{6 \cdot 22}$, woraus P_{ho} sich ergiebt $= 26 \cdot 47$, Grove $= 46$ Volt.

Weiter lässt sich mit den jetzt vorhandenen Daten die Annäherung nicht füglich treiben. Wie dem auch sei, Kraftgrössen dieser Ordnung — zwischen 12 und 40 Grove, 21 und 68 Volt — muss man nach meinen Versuchen in den überlebenden winzigen Organpraeparaten annehmen, wenn keine irreciproke Leitung stattfindet. Die geringe Wahrscheinlichkeit solchen Verhaltens liess mich zuerst an irreciproke Leitung denken, eine Auskunft, welche bei uns, wo es ein Buch über diese Art von Leitung giebt, nicht so unerhört war, wie sie in England erschien, wo der Begriff ein ganz fremder gewesen zu sein scheint. Aber wie gesagt, ich wäre es wohl zufrieden, eine so ausserordentliche Thatsache an's Licht gezogen zu haben, wie die Gegenwart von 26 Grove in einer Torpedosäule zwischen meinen Thonschilden, und im Grunde wäre auch, wie ich gleichfalls schon sagte, diese Thatsache an sich nicht wunderbarer, als dass ein Gastroknemius an meinem Froschunterbrecher noch ein Kilogramm hebt. Nur dass leider, nach wie vor, das Räthsel bestehen bleibt, wie ein, solche ungeheure Kraft bergendes Organpraeparat scheinbar schlechter leite, als ein Stück Muskel von gleichen Maassen, und wie es im Tode, wenn jene Kraft verschwindet, an Widerstand ab-, statt zunehme. Dies ist das Unbegreifliche, über welches Mr. Gotch zum zweiten Male leichten Herzens hinwegsteigt, auf alle Fälle gänzliches Stillschweigen beobachtet, und dies der Sinn, in welchem ich Eingangs sagte, dass er durch seine neue Arbeit das Problem der irreciproken Leitung nicht über den Punkt hinaus gefördert habe, bis zu welchem er schon das erste Mal gelangte. Niemand kann lebhafter als ich die Schönheit und Wichtigkeit seines Rheotomversuches würdigen, aber dieser Versuch ist doch nur ein neuer Zeuge in einer verwickelten Beweisaufnahme, und kein die Wahrheit unparteiisch suchender Richter wird ein endgültiges Urtheil auf solche Aussage gründen, so lange wie ihr eine sonst gleichwerthige in unversöhntem Widerspruche gegenübersteht.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1888—89.

V. Sitzung am 21. December 1888.[1]

Hr. Barth hielt den angekündigten Vortrag: Ueber die Darstellung des häutigen Labyrinthes, und zeigte einige Praeparate.

Das innere Ohr der Säugethiere ist durch die Einlagerungen in das feste Felsenbein nicht nur gegen äussere Schädlichkeiten, sondern auch gegen wissenschaftliche Untersuchungsbestrebungen ziemlich geschützt. Durch die fortschreitende Technik sind die Hindernisse für die mikroskopische Untersuchung bis zu einem hohen Grade überwunden. Weniger ist das bisher für die grobanatomischen Verhältnisse gelungen, welche ja theilweise für das unbewaffnete Auge auch schon an der Grenze des Erkennbaren stehen. Ursprünglich hat man wohl das innere Ohr durch einfaches Aufbrechen zu erforschen gesucht; Retzius[2] bearbeitete noch vor einigen Jahren den harten Knochen; dann versuchte man die Darstellung, indem man nach Entkalkung des Knochens die Weichtheile vorsichtig wegpraeparirte. Katz[3] hat im vorigen Jahre eine Modification dieses Verfahrens angegeben. Er setzt der entkalkenden Salzsäure nach mehreren Tagen Salpetersäure zu. Dadurch kann er den erweichten Knochen leichter entfernen, während die Weichtheile sogar an Festigkeit gewinnen. Ich konnte mich überzeugen, dass auf diese Weise recht schöne Praeparate hergestellt waren. Aber einestheils ist dieses Verfahren des vorsichtigen Herausarbeitens recht mühsam, und es ist wohl als ganz besondere Leistung zu bezeichnen, wenn es einmal gelingt, das ganze häutige Labyrinth im Zusammenhange darzustellen; auf der anderen Seite sind diese Praeparate noch so zerbrechlich, dass, als Katz sie auf der Naturforscher-Versammlung zu Wiesbaden zeigen wollte, dieselben durch die Reise doch wesentlich beschädigt waren. Im Jahre 1886 beschrieb Steinbrügge[3] eine Methode, das innere Ohr im Zusammenhang darzustellen, welche im Wesentlichen darauf beruht, dasselbe vor Behandlung mit einer Säure durch Einbettung zu schützen. Er wählte dazu das Celloidin, das seit

---

[1] Ausgegeben am 25. Januar 1889. — In den ersten vier Sitzungen des Jahrganges wurden keine Manuscripte zu den Verhandlungen eingereicht.

[2] Retzius, *Biologische Untersuchungen*, 1882, S. 15; — und: *Das Gehörorgan der Wirbelthiere.* Bd. II. 1884. S. 331.

[3] Katz, Beitrag zur anatomischen Praeparation des häutigen Labyrinthes. *Monatsschrift für Ohrenheilkunde u. s. w.* 1887. S. 177.

[3] Steinbrügge, Zur Corrosionsanatomie des Ohres. *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1885. Nr. 31.

der kurzen Zeit seiner Einführung in die histologische Technik sich schon viele Freunde erworben hatte. Den gleichen Zweck verfolgt die Einbettung in Paraffin,[1] welche ich bei Gelegenheit einer anatomischen Arbeit vor einem Jahre mit veröffentlicht habe. Wenn es nun Steinbrügge, wie auch mir gelang, auf die angegebene Weise das ganze innere Ohr, also Schnecke, Vorhof und halbzirkelförmige Kanäle im Zusammenhang darzustellen, so fanden sich doch viele Mängel, Beide Einbettungsmassen sind, allerdings jede nach ihrer Art, leicht zerbrechlich; beide sehen milchig aus, sodass man die eingebetteten Weichtheile nur mässig durcherkennen kann; und bei beiden werden die eingebetteten Weichtheile durch die Säure doch so angegriffen, dass, wenn man die Einbettungsmasse durch Auflösen entfernt, an ein gutes Erhalten des häutigen Labyrinthes nicht mehr zu denken ist. Ich habe nun der von Steinbrügge vorgeschlagenen Methode noch Einiges zugefügt und erhalte dadurch ohne sonderliche Mühe recht schöne Praeparate. Zunächst gestatte ich mir, Ihnen hier das innere Ohr einer 35jährigen Frau vorzulegen. Sie sehen ein Stück Dura mater, durch einen Stift an einem Stab von Hollundermark befestigt; von dieser erhebt sich der Porus acusticus internus mit den durchscheinenden Nervenstämmen; auf demselben sitzen die Schnecke, der Vorhof und die drei Bogengänge in tadellosem Zusammenhang, von diesen wieder ausgehend der Aquaeductus cochleae und der Aquaeductus vestibuli. Wie feine, in Knochen eingelagerte Gebilde man auf die gleich zu beschreibende Weise mit Leichtigkeit darstellen kann, sehen Sie hier an dem inneren Ohr der Hausmaus: es ist ebenfalls Vorhof, Schnecke und halbzirkelförmige Kanäle in vollständigem Zusammenhang. Auch der Acusticusstamm befand sich noch daran, als das Praeparat schon vollständig frei dargestellt war.

Die leitende Idee bei der Herstellung der Praeparate ist die, ausser der Einbettung in Celloidin noch eine Durchtränkung vorzunehmen, welche vermehrten Schutz und Festigkeit verleiht. Nach verschiedenen Versuchen habe ich gefunden, dass für grössere Praeparate eine einfache Durchtränkung mit Oel genügt. Das menschliche Labyrinth ist auf diese Weise gewonnen. Für feinere dagegen, wie das der Maus, empfehle ich Harz. Von diesen hat sich eine alkoholische Lösung von Copalharz am geeignetsten erwiesen.

Man erhält nun die Praeparate auf folgende Weise: Das der Leiche entnommene Felsenbein wird von überflüssigen Weichtheilen und Knochen befreit und ohne Eröffnung des inneren Ohres in Conservirungsflüssigkeit gethan, hierauf gewässert, in verdünnten Alkohol, absoluten Alkohol und ev. Alkohol mit Aether umgelegt. Aus letzterem kommt es in eine dünne Celloidinlösung, welche man nach 14 Tagen allmählich verdunsten lässt, sodass das Celloidin, nachdem das Praeparat annähernd vier Wochen darin gelegen hat, ungefähr dicke Syrupsconsistenz besitzt. Aus diesem wird es direct in Oel gelegt. Nach einigen Tagen nimmt man es hier wieder heraus, wischt es ab, kratzt an einigen Stellen den mit Oel durchtränkten Celloidinüberzug bis auf den Knochen herunter und legt das Praeparat unmittelbar darauf in ziemlich concentrirte rohe Salzsäure. Nach ungefähr 14 Tagen ist bei grösseren Praeparaten der Knochen vollständig aufgelöst. Man kann aber schon in der Zwischenzeit lose Weichtheile und Kalkbröckel einige Mal entfernen. Zum Freilegen des Labyrinthes, das unter Wasser geschieht, braucht man nur zwei anatomische Pincetten und einen kleinen,

[1] Barth, Beiträge zur Anatomie des Ohres. *Zeitschrift für Ohrenheilkunde.* Bd. XVII. S. 264.

weichen Pinsel. — Das Durchtränken mit Copalharz geschieht ähnlich, wie mit Celloidin: aus dem Celloidin kommt das Praeparat direct in eine dünne Harzlösung, die man nach einiger Zeit eintrocknen lässt. Wird sie erst ziemlich dick, so thut man dieselbe mit dem Praeparat am besten aus dem Gefäss in ein Stückchen Papier, um das sehr langsam vor sich gehende Hartwerden etwas zu beschleunigen, denn es dauert Wochen, ehe die äussere Umhüllung soweit fest wird, dass sie durch Kneten ihre Form nicht mehr ändert. Ist das Harz aussen bis zu dieser Consistenz eingetrocknet, so hat das, welches das Praeparat durchzieht, ungefähr die Festigkeit von mässig weichem Gummi. Man kratzt nun von der äusseren festen Hülle an einigen Stellen das Harz bis auf den Knochen weg und legt das Praeparat in Salzsäure, die in wenigen Tagen ihre Schuldigkeit gethan hat. Bei den zarten Verhältnissen ist es schwer, durch vorsichtiges Herausputzen, wie das z. B. am menschlichen Ohr zu empfehlen ist, alle Theile gut zu erhalten. Auch das zähe Zusammenhalten des Harzes stört dabei etwas. Ich empfehle daher, besonders wenn es nicht an Material mangelt, das einfache Vorgehen, durch welches ich das Labyrinth der Maus erhalten habe. Ich fasste einfach die beiden Lamellen der Harzschale in der Gegend des Schuppenansatzes, riss sie auseinander, und das ganze innere Ohr lag im Zusammenhang vor mir, sodass ich nur noch einige kleine, anhaftende Bröckel mit einer spitzen Nadel abzustossen brauchte, wobei ich übrigens erst nachträglich noch den einen Bogengang durchgerissen habe. — Die Praeparate werden, nachdem sie fertig sauber geputzt sind, wieder mit Alkohol behandelt und dann, um sie durchsichtiger zu machen, in Glycerin oder noch besser in Oel gelegt. Das eine vorgezeigte Labyrinth befindet sich in Origanum-Oel. — Zu der eben beschriebenen Darstellung des Labyrinths lassen sich natürlich auch Praeparate benutzen, bei welchen vorher die Blutgefässe injicirt sind.

Das Labyrinth, wie ich es Ihnen vorzeige, ist nun allerdings noch immer ein Celloidinausguss, und zwar ein Ausguss nicht nur der endo-, sondern auch der perilymphatischen Räume. Es hat aber dadurch den Vortheil einer ziemlichen Festigbeit. Wenn man aber das Praeparat genauer betrachtet, so muss man doch sagen, es wäre zu wünschen, dass sich die Gebilde des Vorhofes etwas deutlicher übersehen lassen. Ich habe deswegen die Einbettungsmasse durch Aether wieder entfernt, und dabei stellte es sich heraus, dass weniger das einschliessende Celloidin der Klarheit des Praeparates im Wege stand, als vielmehr die periostal-bindegewebige Umhüllung der perilymphatischen Räume, sowie die Verbindungsbänder derselben mit dem häutigen Labyrinth, welche ebenfalls fast immer tadellos erhalten sind. Ich habe es versucht, das Labyrinth auch noch von dieser Umhüllung zu befreien und bin zu der Ueberzeugung gekommen, dass es ohne zu grosse Mühe gelingen wird, denn die Weichtheile besitzen auch nach Entfernung des Celloidins noch eine ziemliche Festigkeit.

Auf die Anatomie des inneren Ohres will ich heute nicht eingehen. Nur auf Eins möchte ich noch hinweisen, was an den vorgezeigten Praeparaten deutlich zu erkennen ist: Habermann[1] bestätigt im vorigen Jahre noch auf Grund mikroskopischer Untersuchungen verschiedenen bekannten Anatomen gegenüber die früheren Angaben von Cozugno und Weber-Liel, dass Aquaeductus cochleae nnd eine Vene nicht in einem Kanal nebeneinander, sondern dass sie in zwei, durch eine dünne Knochenschicht getrennten, parallelen Kanälen ver-

[1] Habermann, Beiträge zur pathologischen Anatomie des Gehörorgans. *Zeitschrift für Heilkunde.* 1887. Bd. VIII. S. 353.

laufen. Sie sehen an diesen Praeparaten makroskopisch die beiden Kanäle nebeneinander liegen, manchmal so nahe, dass sie leicht für einen gehalten werden können, ein anderes Mal lassen sie einen schmalen Raum zwischen sich, der dadurch entsteht, dass sie von der Schnecke aus allmählich etwas divergiren und dann in einer kleinen, manchmal über 1 mm betragenden Entfernung von einander, in den sich von unten entgegenstülpenden Trichter einmünden.

Ich werde die Praeparation weiter verfolgen und dann vielleicht später einmal im Anschluss daran über die grob anatomischen Verhältnisse des inneren Ohres berichten.

VII. Sitzung am 1. Februar 1889.[2]

1. Hr. Prof. Möbius (a. G.) hielt den angekündigten Vortrag mit Demonstrationen: Ueber die Bewegung der fliegenden Fische durch die Luft.

Die fliegenden Fische der offenen, warmen Meere gehören zu der Gattung Exocoetus. Sie fahren, aufgestört durch Raubfische oder Schiffe, mit grosser Geschwindigkeit aus dem Wasser, breiten ihre grossen Brust- und Bauchflossen aus und schiessen in horizontaler Richtung über die Meeresfläche hin. Sowohl mit dem Winde als gegen denselben schweben sie 1—3 Schiffslängen weit. Gegen Ende ihres Weges nimmt ihre Geschwindigkeit ab und die Richtung desselben biegt in die Richtung des Windes ein, wenn dieser schräg oder rechtwinklig auf eine ihrer Seiten weht. Wenn sie bei stärkeren Winden dem Laufe der Wellen entgegen fliegen, so fahren sie über jedem Wellenberge etwas in die Höhe. Zuweilen schneiden sie mit dem unteren Theile ihrer Schwanzflosse, der grösser ist als der obere, in den Gipfel der Welle ein. Bei Tage und ruhigem Wetter kommen fliegende Fische sehr selten auf die Schiffe, sondern meistens bei Nacht, wenn Wind weht. Auf Schiffe, die nicht höher als drei Meter über dem Meere liegen, fallen sie viel häufiger nieder als auf höherbordige. Die meisten Beobachter stimmen darin überein, dass sie von der Windseite her auf die Schiffe fallen.

Die Brustflossen der vielen fliegenden Fische, welche der Vortragende im indischen Ocean beobachtete, machten niemals Niederschläge und Hebungen wie die Flügel der Vögel, Fledermäuse oder Schmetterlinge, wohl aber geriethen die distalen Theile derselben in schnelle Vibrationen, welche von manchen Beobachtern für sehr schnelle Flatterbewegungen angesehen werden. Hr. Möbius nimmt an, dass die Muskeln der Brustflossen nicht gross genug sind, um die Last des Körpers in die Luft zu heben; denn ihr Gewicht beträgt nur $^1/_{32}$ der ganzen Körperlast, während die Brustmuskeln der Vögel im Durchschnitt $^1/_6$ und die der Fledermäuse $^1/_{13}$ der Körperlast betragen (Harting u. A.). Die gelegentlichen Vibrationen der distalen Theile der ausgespannten Brustflossen entstehen, sobald der Luftstrom parallel unter ihnen hingeht, indem dann sofort die Elasticität der Flosse und der Luftdruck abwechselnd gegen einander wirken. Das Schlackern eines Segels, wenn das Schiff bei steifer Brise hart am Winde segelt, entsteht auf dieselbe Weise.

Die geringen Hebungen, welche Exocoeten über den Wellenbergen machen, sind auch keine activen Flugbewegungen, sondern werden durch Luftströmungen

---

[1] Ausgegeben am 8. Februar 1889.

hervorgerufen, welche aus den Wellenthälern aufsteigen, wenn der Wind horizontal über das Meer weht.

Die Bewegungen der Exocoeten durch die Luft sind also keine Flugbahnen, sondern Wurfbahnen. Durch die Contractionen ihrer sehr starken Seitenrumpfmuskelfasern fahren sie mit grosser Geschwindigkeit aus dem Wasser. Die ausgespannten Brustflossen dienen ihnen als Steuer und Schwebplatten. Bei Nacht fallen sie viel häufiger auf Schiffe als bei Tage, weil sie in der Dunkelheit diese nicht sehen und daher keine ablenkende Richtung einschlagen können. Die vorgetragenen Ansichten über die Bewegungen der fliegenden Fische durch die Luft sind ausführlich dargelegt und durch eine eingehende Beschreibung des Skelets und der Muskeln der Brustflossen begründet im Supplement zum 30. Bande der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie 1878. Seitdem hat nur Hr. Amans hauptsächlich nach Hrn. Möbius über fliegende Fische ausführlich geschrieben. Hr. Amans glaubt jedoch die Möglichkeit von Flugbewegungen annehmen zu können, weil bei einem Exemplar von Larus canus die Brustmuskeln nur $^1/_{10}$ des Körpergewichtes wogen.[1]

2. Hr. Posner hielt den angekündigten Vortrag: Ueber Schleimhautverhornung, mit Demonstrationen.

So bekannt es seit langem ist, dass ektodermale Gebilde den Schleimhautcharakter annehmen können, — physiologische Beispiele hierfür liefern die Mundschleimhaut, pathologische gewisse Befunde bei der Transplantation — so selten hat man bis vor Kurzem ein Epidermalwerden echter Schleimhäute, namentlich solcher mit Cylinderepithel, beobachtet. In jüngster Zeit aber hat sich auf diese Verhältnisse erhöhte Aufmerksamkeit concentrirt, namentlich im Anschluss an die Beobachtungen Virchow's über Pachydermia laryngis und Neelsen's über die Strictura urethrae. Der Vortragende hat darauf hin eine Reihe von pathologisch veränderten Schleimhäuten untersucht und kann für Vagina, Urethra und Larynx bestätigen, dass hier unter dem Einfluss verschiedener Reize die Schleimhaut völlig epidermal wird; die Uebereinstimmung mit Epidermis ist eine vollständige; — namentlich ist auch hier das Stratum granulosum, die Schicht keratohyalinhaltiger Zellen am Uebergang vom Rete zum Stratum corneum deutlich nachweisbar. Mit Rücksicht auf die Entstehung des Keratohyalins legen die erhaltenen Bilder den Schluss nahe, den Mertsching (der, wie Verfasser, im Laboratorium der Lassar'schen Klinik arbeitete) zog, dass dasselbe sich auf Kosten des zerfallenden Kernes bilde. — Da die in Betracht kommenden menschlichen Schleimhäute sämmtlich mehr oder weniger noch einen Uebergangscharakter haben, suchte Vortragender auf vergleichend-anatomischem Wege Objecte zu gewinnen, bei denen zweifelsohne entodermale Gewebe (Mitteldarm) denselben Veränderungen unterliegen. Gestützt auf eine Notiz bei Leydig wurden die Mägen verschiedener niederster Säugethiere, namentlich von Bradypus und Manis, untersucht, und es zeigte sich, dass hier — im Gegensatz zu den Mägen körnerfressender Vögel, bei denen es sich um Abscheidung erstarrender Drüsensecrete handelt — in der That ausgedehnte Epithelverhornungen selbst in der Pars pylorica stattfinden. Keratohyalin war hier (vielleicht wegen des Erhaltungszustandes der in Spiritus aufbewahrten Praeparate) nicht mit Sicherheit, ein zwischen Rete und Stratum corneum eingeschobenes Stratum lucidum aber ausserordentlich deutlich nachweisbar.

[1] *Annales des Sciences naturelles.* Zoologie. 1888. t. VI.

IX. Sitzung am 15. März 1889.[1]

Hr. Gad hielt den angekündigten Vortrag: „Ueber Leitungsfähigkeit und Reizbarkeit der Nerven in ihren Beziehungen zur Längs- und Quererregbarkeit,“ nach Versuchen des Hrn. Dr. Piotrowski.

Vor einem Jahre hatte ich Veranlassung, die Aufmerksamkeit der Gesellschaft auf ein sehr interessantes und noch wenig durchforschtes Erscheinungsgebiet zu lenken, welches die Leitungsfähigkeit und Reizbarkeit der Nerven betrifft. Es handelte sich um Thatsachen, welche darauf hinweisen, dass es Zustände am Nerven giebt, in welchen eine bestimmte Strecke desselben unfähig sein kann, directe Einwirkungen mit Erregung zu beantworten, während dieselbe Nervenstrecke für anderswo im Nerven erzeugte Erregungen vollkommen leitungsfähig ist. Die erste hierher gehörige gut beschriebene Beobachtung verdanken wir H. Munk, welcher beim Verfolgen der mit dem Absterben des Nerven verbundenen Reizbarkeitsänderungen am Nerv-Muskelpraeparate vom Frosche fand, dass die Hauptverästelungsstellen des N. ischiadicus gegen die stärksten elektrischen Reize unempfindlich geworden sein können zur Zeit, wo der Muskel auf verhältnissmässig schwache, weiter central am Nerven angebrachte Reize noch kräftig zuckt. Allgemeinere Beachtung hatte eine Angabe von Erb gefunden, welcher beobachtete, dass nach Quetschung des Frosch-Ischiadicus, zur Zeit, wenn die Regeneration angefangen hat sich auszubilden, und die geschädigte Extremität schon wieder normal vom Thiere bewegt wird, die gequetscht gewesene und in Regeneration begriffene Nervenstelle selbst noch empfindlich für elektrische Reize ist. Der mechanische Reiz erwies sich in diesen Fällen schon wirksam.

Es ist ferner nicht zu verkennen, dass die verwickelteren Erfahrungen am Rückenmark, durch welche Schiff zur Aufstellung seiner Lehre von der aesthesodischen und kinesodischen, direct nicht reizbaren Substanz im Rückenmark geführt wurde, hierher gehören können. Schiff hatte die Grundlage dieser seiner Lehre auch durch Experimente am peripherischen Nerven zu sichern gesucht, doch wurden diese Experimente theilweise nicht genau genug von ihm beschrieben, zum Theil waren sie, seiner eigenen Angabe nach, im Erfolg zu schwer beherrschbar, als dass sie sich zum Ausgangspunkt für fernere Untersuchungen auf diesem Gebiete geeignet hätten.

In letzterer Beziehung hat sich ein von Grünhagen angegebenes Experiment als fruchtbarer erwiesen. Grünhagen zog den Ischiadicus eines Nerv-Muskelpraeparates vom Frosch durch eine kleine Gaskammer und legte dem Nerven innerhalb der Gaskammer und central von derselben je ein Elektrodenpaar an. Nach Durchleitung von Kohlensäure durch die Gaskammer wurde der Reizeffect bei Benutzung der Elektroden innerhalb derselben gleich Null, während von den centraler angelegten Elektroden aus noch einige Zeit lang die anfänglichen Reizerfolge in unveränderter Stärke zu erzielen waren.

Die handliche Form dieses Experimentes hat wiederholt zur Nachahmung aufgefordert, doch wurden die Erfolge Grünhagen's nicht ausnahmslos bestätigt, ja von Luchsinger und Szpilmann lebhaft bestritten. Nun war freilich Efron in einer unter Grützner's Leitung angestellten, zunächst anderen Zielen gewidmeten Untersuchung, auch auf das uns hier interessirende

[1] Ausgegeben am 5. April 1889.

Gebiet geführt worden und er hatte mit andersartigen Methoden zu Gunsten Grünhagen's gegen Luchsinger entscheiden, sowie neue hierher gehörige Beobachtungen beibringen können. Es musste aber wünschenswerth erscheinen, auch die Zuverlässigkeit der Grünhagen'schen Methode selbst zu erproben und ihr eine weitere Ausbildung zu geben, da sie die meisten Aussichten eröffnete, uns in das Wesen der Sache selbst tiefer eindringen zu lassen.

Im Wintersemester 1887/88 war ich in der glücklichen Lage, diese mir sehr am Herzen liegende Untersuchung den geschickten Händen des Hrn. Sawyer anvertrauen zu können, welcher dieselbe mit viel Hingabe und grosser Umsicht zu dem zunächst gesteckten Ziele führte. Dies Ziel war nicht nur die Gewinnung eines eigenen Urtheils über die Richtigkeit der Angabe Grünhagen's und über die Zuverlässigkeit seiner Methode, sondern auch die Prüfung eines Zweifels, welcher sich gegen die nächstliegende Deutung des von Grünhagen beobachteten Erfolges der Kohlensäureeinwirkung erheben liess und eine Erweiterung der Methode nach der Richtung hin, dass sich mittels derselben auch ein der Kohlensäurewirkung entgegengesetzter Erfolg gewinnen liess.

Die nächstliegende Deutung war ja unstreitig die, dass die direct von der Kohlensäureeinwirkung getroffene Nervenstrecke ihre Reizbarkeit einbüsste bei erhaltener Fähigkeit, die Erregung zu leiten. Derselbe Effect konnte aber auch eintreten, wenn diese Nervenstrecke zwar gleichmässig in ihrer Reizbarkeit und Leitungsfähigkeit litte, wenn aber ausserhalb der Gaskammer eine umgekehrte Modification des Nerven eintrat, in Folge deren die dort angelegten Elektrodeu bei unveränderter Reizstärke eine um so viel stärkere Erregung auslösten, dass diese trotz der herabgesetzten Leitungsfähigkeit innerhalb der Gaskammer an dem Muskel denselben Effect hervorbringen konnte wie zuvor. Nun hatte allerdings schon Efron das Eintreten einer derartigen Modification des Nerven zwischen der directen Angriffsstrecke der von ihm benutzten modificirenden Mittel und dem Muskel ausgeschlossen, doch war das wesentliche Resultat seiner eigentlichen Untersuchung der Nachweis gewesen, dass die centralen Stellen des Frosch-Ischiadicus überhaupt leichter modificirbar sind, als die dem Muskel näher gelegenen. Der beregte Einwand konnte also auch nach Efron's Experimenten noch aufrecht erhalten werden.

Mit Rücksicht hierauf und auch um die Deutung der Resultate sonst noch zu vereinfachen, wurde folgende Versuchsanordnung gewählt. Das Elektrodenpaar central von der Gaskammer (*c*) wurde einfach beibehalten, innerhalb der Gaskammer wurden aber zwei Elektrodenpaare angelegt, das eine (*p*) dicht am peripherischen, das andere (*m*) dicht am centralen Ende der Gaskammer. Als Maassstab für die eintretenden Aenderungen am Nerven wurde der Schwellenwerth des Reizes benutzt, das heisst, es wurde der Rollenabstand am du Bois-Reymond'schen Schlittenapparat aufgesucht, bei welchem die erste wahrnehmbare Wirkung am Muskel eintrat. Die Aenderungen des Schwellenwerthes stehen in reciprokem Verhältniss zu den Aenderungen der Reizbarkeit, wenn man, wie es geschah, den Schwellenwerth in Reizeinheiten eines „graduirten" Schlitteninductoriums angiebt. Jede Aenderung des Schwellenwerthes bei Benutzung der Elektroden *p* konnte ausschliesslich auf Aenderung der Reizbarkeit des Nerven innerhalb der Gaskammer bezogen werden und dasselbe galt für die Leitungsfähigkeit bei Benutzung der Elektroden *c*, vorausgesetzt, dass der besprochene Einwand beseitigt wurde. Zur Prüfung der Berechtigung des Einwandes diente die Benutzung der Elektroden *m*. Denn die Aenderung des

Schwellenwerthes, welche sich hier ergab, musste, wenn bei *c* keine Modification der Erregbarkeit eintrat, stets die algebraische Summe der Aenderungen bei *p* und *c* sein, da der Schwellenwerth bei *m* ebenso wie der bei *p* von der Aenderung der Leitungsfähigkeit beeinflusst wird. In dem speciellen Falle der Kohlensäureeinwirkung war der Einwand als widerlegt zu betrachten, wenn erst, sobald ein Steigen des Schwellenwerthes bei *c* beobachtet wurde, das Steigen des Schwellenwerthes bei *m* dasjenige bei *p* übertraf. In der That stellts es sich nun in den Versuchen des Hrn. Sawyer ganz regelmässig ein, dass bei Durchleitung von Kohlensäure durch die Gaskammer die Schwellenwerthe bei *p* und *m* zuerst gleichmässig stiegen, dass später auch der Schwellenwerth bei *c* sich zu heben begann und dass dann der Schwellenwerth bei *m* stärker stieg als der bei *p*.

Zur Herbeiführung einer Einwirkung auf den Nerven, welche derjenigen der Kohlensäure entgegengesetzt war, erwies sich das Durchleiten von verdünnten Alkoholdämpfen durch die Gaskammer am brauchbarsten. Hierbei sank der Schwellenwerth bei *p* zuerst beträchtlich, bei *c* nur in geringerem Maasse und auf kürzere Dauer, um dann hier schnell anzusteigen derart, dass der Schwellenwerth bei *p* oft noch erniedrigt war zu einer Zeit, wo sich derjenige bei *c* schon stark erhöht zeigte. Die Aenderungen des Schwellenwerthes bei *m* verhielten sich stets wie die algebraischen Summen der Aenderungen bei *p* und *c*, das heisst, so lange der Schwellenwerth bei *p* und bei *c* sank, sank er bei *m* stärker, sobald aber die Aenderungen bei *p* und *c* umgekehrtes Vorzeichen gewannen, hielt die Aenderung bei *m* die Mitte und sobald der Schwellenwerth nicht nur bei *c*, sondern auch bei *p* stieg, stieg er bei *m* wieder stärker als bei *p* und *c*. Hieraus war zu schliessen, dass bei *c* selbst keine Modification des Nerven Platz greift und dass unter der Einwirkung des Alkohols zuerst eine Steigerung von Reizbarkeit und Leitungsfähigkeit, der letzteren schwächer als der ersteren eintritt, dass die Leitungsfähigkeit dann bald zu sinken beginnt, derart, dass sie schon stark gesunken ist, wenn die Reizbarkeit noch gesteigert ist und dass dann auch die Reizbarkeit sinkt, aber langsamer wie die Leitungsfähigkeit. Den Zustand des Nerven, in welchem die Reizbarkeit gesteigert ist, bei gesunkener Leitungsfähigkeit hat schon Efron nach Einwirkung von Druck oder Wärme beobachtet, es war aber erfreulich, in dem Alkohol ein handlicheres Mittel zur Erreichung desselben Zweckes gewonnen zu haben. Selbstverständlich war in den Versuchen des Hrn. Sawyer Gewicht darauf gelegt worden, die durch Kohlensäure und Alkohol am Nerven hervorgerufenen Veränderungen wieder rückgängig zu machen. Da dies mittelst Durchleitens von wasserhaltiger Luft durch die Gaskammer meistens in sehr befriedigender Weise gelang, war den beobachteten Erscheinungen das grössere Interesse gesichert, welches den an gut lebensfähigen Substanzen sich abspielenden entgegengebracht zu werden pflegt, im Gegensatz zu den Erscheinungen bei dem definitiven Absterben.

In Bezug auf die speciellere Deutung der vorliegenden Thatsachen konnte ich vor einem Jahre nur unbestimmte Vermuthungen aussprechen. Dem einzigen vorliegenden Versuch einer solchen Deutung konnte ich mich nicht anschliessen. Grünhagen hatte aus dem Ergebnisse seiner Experimente den Schluss gezogen, dass die der Erregung und der Erregungsleitung im Nerven zu Grunde liegenden Processe verschiedene seien, dass man eine Nervenstrecke, indem sie die Erregung leitet, nicht selbst als in Erregung begriffen sich vorzustellen habe. Wenn ich es versuche, dieser Betrachtungsweise eine für mich greifbare Gestalt zu geben, so werde ich zu so verwickelten, durch bekannte

Thatsachen nicht gestützten und durch Experimente mit den bereitstehenden Hülfsmitteln so schwer zu prüfenden Annahmen gezwungen, dass ich auf diesem Wege erst vorzudringen versuchen würde, wenn die anderen Möglichkeiten erschöpft wären.

Zur Verfolgung eines verhältnissmässig einfachen Deutungs-Versuches schienen dagegen die mit der Kohlensäure gewonnenen Erfahrungen einzuladen. Stellt man sich auf den Boden der einfachsten unter den möglichen Annahmen, dass nämlich die Erregungsleitung darin besteht, dass die als Erregung bezeichnete Zustandsänderung, sobald sie die Substanz in einem bestimmten Querschnitt des Nerven erfasst hat, hier mit solchen Vorgängen verbunden ist, durch welche dieselbe Zustandsänderung in der Substanz des zunächst benachbarten Querschnittes hervorgerufen wird, so kann man den mit dem Erregungszustand verbundenen Vorgang in einem Nervenelement als den Reiz betrachten, durch welchen das in der Längsrichtung nächstgelegene Element erregt wird. Die Leitungsfähigkeit erscheint dann als Empfindlichkeit der Nervenelemente gegen gewisse Einflüsse, welche auf dieselben in der Längsrichtung des Nerven einwirken. Man kann diese Empfindlichkeit als Längs-Labilität bezeichnen, wenn man an die Möglichkeit denkt, dass die moleculare Structur des Nervenelementes in der Längs- und Querrichtung derart verschieden ist, dass eine verschiedene Labilität für längs- und für quertreffende Einwirkungen besteht. Die von allen künstlichen Reizmitteln ausgehenden Einwirkungen treffen den Nerven zunächst in der Querrichtung und dies gilt auch für den von uns angewandten elektrischen Strom. Ehe aber der reizende Inductionsschlag zu der reizbaren Nervensubstanz vordringen kann, hat er adventitielle Substanzen zu passiren, zu denen sicher das Bindegewebe, wahrscheinlich auch das Nervenmark gehört. Bei den uns zur Verfügung stehenden Mitteln das zu prüfen, was wir die Reizbarkeit einer Nervenstrecke zu nennen gewohnt sind, kommt also nicht nur die Labilität der eigentlichen erregbaren Nervensubstanz (sei es für Quer- oder Längswirkungen) zum Ausdruck, sondern zugleich auch die Durchgängigkeit der adventitiellen Substanzen für die reizende Einwirkung.

Hiernach muss man an die Möglichkeit denken, dass der Erfolg der Kohlensäureeinwirkung zu Stande kommt ohne Aenderung der wesentlichen Eigenschaften der eigentlichen erregbaren Nervensubstanz selbst, nur durch Erhöhung des elektrischen Leitungswiderstandes in den adventitiellen Substanzen. Die Erregungsleitung besteht ungeschwächt fort, weil die Labilität der Nervenelemente dieselbe geblieben ist und die Reizbarkeit ist nur scheinbar herabgesetzt, während eigentlich die Stärke des künstlichen Reizes abgenommen hat.

Wegen der mechanischen Einfachheit hat dieser Erklärungsversuch etwas Bestechendes, doch kann dies eigentlich nur in Bezug auf die Kohlensäure-Einwirkungen gelten. Will man die Resultate der Alkohol-Experimente unter dasselbe Schema bringen, so leidet die Einfachheit erhebliche Einbusse. Der Zustand des Nerven, in welchem er nach Alkohol-Einwirkung erhöhte Reizbarkeit bei gesunkener Leitungsfähigkeit zu zeigen scheint, wäre dann so zu deuten, dass die Labilität der erregbaren Nervensubstanz, ohne dass wir einen Unterschied zwischen Längs- und Querlabilität zu machen hätten, im Allgemeinen abgenommen hätte, dass aber die Leitungsfähigkeit der adventitiellen Substanzen für den elektrischen Strom so stark zugenommen hätte, dass das dadurch bedingte Wachsen der Stärke des künstlichen Reizes das Sinken der Erregbarkeit übercompensirte.

Das Gezwungene dieser Annahme bewog mich schon vor einem Jahre, auf eine andere Möglichkeit der Deutung wenigstens kurz hinzuweisen, welche ich jetzt mit Rücksicht auf das weiterhin Mitzutheilende eingehender erörtern muss. Es ist viel über die Längs- und Quererregbarkeit des Nerven experimentirt und geschrieben und es ist hierbei zur Genüge hervorgehoben worden, dass wir nicht im Stande sind, das gewöhnlich angewandte und am besten gekannte Reizmittel, den elektrischen Strom, in rein querer Richtung auf die eigentliche erregbare Nervensubstanz einwirken zu lassen. Bei keiner Methode zu querer Durchströmung des Nerven sind Längscomponenten des elektrischen Stromes im Axencylinder zu vermeiden. Zu wenig beachtet wurde jedoch, meiner Ansicht nach, der Umstand, dass doch auch umgekehrt jeder Versuch, die Empfindlichkeit des Nerven gegen Längsdurchleitung des elektrischen Stromes zu prüfen, durch quere Stromcomponenten complicirt ist.

Da ich keinen Grund sehe, von der oben aufgestellten Annahme über das Wesen der Erregungsleitung abzugehen, muss ich die Fähigkeit des Nerven, die Erregung zu leiten, als einen Ausdruck seiner Längserregbarkeit betrachten, und zwar als den einzigen treuen Ausdruck derselben. Bei der gewöhnlichen Art, die Reizelektroden dem Nerven anzulegen, mögen zwar die Längscomponenten des Stromes im Nerven vorherrschen, wo aber der Strom in den Axencylinder hinein und aus ihm heraus tritt, thut er es doch mit Quercomponenten und hier soll ja die Reizwirkung zu Stande kommen. Die gewöhnliche Art, die Längserregbarkeit des Nerven zu prüfen, mittels längsdurchfliessender elektrischer Ströme, kann ich also als rein nicht anerkennen und die Frage nach dem Verhältniss der Längs- zur Quererregbarkeit der Nerven halte ich für eine offene, wenn auch die Schulansicht sich jetzt dem zugeneigt haben dürfte, dem Nerven die Quererregbarkeit überhaupt abzusprechen. Die Experimente, auf Grund deren die Quererregbarkeit des Nerven geleugnet wird, beruhen bekanntlich auf dem Verfahren, den Nerven in einen parallelepipedischen, mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllten und von parallelen Stromfäden längsdurchströmbaren Trog der Länge oder Quere nach einzulegen. Hierbei erweist sich zweifellos die erstere Lagerungsweise dem Reizeffect günstiger als die letztere und die Grenze der Stromintensität, unterhalb welcher der Nerv bei seiner queren Einlagerung unerregt bleibt, ist meist auffallend hoch. Reizeffecte, welche oberhalb dieser Grenze beobachtet werden, hat man sich gewöhnt auf Rechnung unvermeidlicher Längscomponenten des Stromes im Nerven zu setzen und man unterschätzt meistens die Grösse des Unterschiedes in dem Vertheilungsverhältniss des Stromes auf Nerv und Kochsalzlösung, welcher zwischen beiden Einlagerungsweisen bestehen muss. In jedem Querschnitt durch den Trog, welcher Nerv und Kochsalzlösung trifft, vertheilt sich die Stromdichte auf beide Substanzen in umgekehrtem Verhältniss zu ihrem specifischen Leitungswiderstand für den elektrischen Strom und da der Querwiderstand des Nerven etwa fünfmal so gross ist, wie der Längswiderstand, so muss ceteris paribus die Stromdichte in dem quergelagerten Nerven viel kleiner sein als in dem längsgelagerten. Es sind dies Verhältnisse, welche Tschiriew schon vor Jahren richtig gewürdigt hat, wenn er auch in der quantitativen Auswerthung weiter gegangen sein mag, als die empirische Grundlage mit aller Strenge zu thun gestattet.

Wenn die erregbare Substanz des Nerven empfindlich gegen Quer- und Längscomponenten des Stromes im Nerven ist, so braucht doch die Empfindlichkeit gegen die eine und die andere Stromrichtung nicht gleich zu sein und

mit Zustandsänderungen des Nerven kann sich auch eine Aenderung des Verhältnisses beider Empfindlichkeiten verbinden. Ohne dass eine wesentlich neue Annahme nothwendig geworden wäre, könnte hieraus eine Erklärung des durch Alkohol hervorgerufenen Zustandes scheinbar erhöhter Reizbarkeit bei gesunkener Leistungsfähigkeit resultiren. Dieser Zustand des Nerven wäre dann zu definiren als ein solcher, bei welchem die Längserregbarkeit des Nerven, d. h. seine Empfindlichkeit gegen den mit der Erregungswelle in der Längsrichtung einwirkenden physiologischen Reiz gesunken und die Empfindlichkeit desselben gegen Quercomponenten des elektrischen Stromes gestiegen ist. Ob die Empfindlichkeit gegen den physiologischen Reiz dieselbe ist, wie die gegen Längscomponenten des elektrischen Stromes könnte eine offene Frage bleiben.

Durch diese Betrachtungen wurde der Wunsch in mir angeregt, eine experimentelle Entscheidung zwischen den sich, wie mir schien, zunächst für die Erklärung der beobachteten Erscheinungen darbietenden Hypothesen herbeizuführen, zwischen derjenigen, welche sich auf die Annahme von Widerstandsänderungen in adventitiellen Substanzen stützt und derjenigen, welche auf die Möglichkeit einer verschiedenen Aenderung der Quer- und Längserregbarkeit zurückgreift. Ich hatte die Freude, Hrn. Dr. Piotrowski, welcher, schon erfahren im physiologischen Experimentiren, vor einem Jahre auf unser Institut kam, um hier an seiner ferneren Durchbildung zu arbeiten, für die Lösung dieser Aufgabe zu gewinnen und ich kann jetzt mit seiner Zustimmung über die Resultate seiner umfangreichen, mit viel Ausdauer, Umsicht und Geschick durchgeführten Experimental-Untersuchungen berichten.

Zunächst musste Hr. Piotrowski die mit Kohlensäure und Alkohol hervorzurufenden Modificationen des Nerven durch eigene Erfahrungen kennen lernen, doch liess sich dies unter sofortiger Anbringung einer kleinen Aenderung im Versuchsverfahren erreichen, einer Aenderung, von welcher ein Wink zu erwarten war für die Richtung, in welcher die schliessliche Deutung zu suchen sei. Die Elektrodenpaare *c* und *p*, aus Platindrähten bestehend, wurden beibehalten, das Elektrodenpaar *m* dagegen fallen gelassen. Statt desselben wurde unmittelbar central von *p* innerhalb der Gaskammer, elektrisch isolirt von der Wandung derselben, ein Paar mit physiologischer Kochsalzlösung getränkter Thonplättchen angebracht, derart, dass ihre einander zugekehrten genau gleich langen (ca. 1 ^{cm}), gut geglätteten Ränder genau gegenüber und einander parallel waren, mit einem Zwischenraum, welcher eben einen Frosch-Ischiadicus der Länge nach aufzunehmen, geeignet war. Den Thonplättchen wurden mittels du Bois-Reymond'scher Thonstiefel-Elektroden die Reizströme zugeführt. In der Nervenstrecke zwischen den Thonplättchen mussten die Quercomponenten, in der Reizstärke der Elektrodenpaares *p* mussten die Längscomponenten der Reizströme überwiegen und es fragte sich, ob etwa bei der einen oder der anderen Durchströmungsart die anfängliche Erhöhung der Reizbarkeit durch Alkohol stärker hervortreten würde. Die Aenderungen der Reizschwelle wurden zunächst als Maass für die Zustandsänderungen des Nerven beibehalten. In Bezug auf die Schwellenwerthe bei Benutzung der Elektrodenpaare *p* und *c* konnte Hr. Piotrowski die Erfahrungen des Hrn. Sawyer, sowohl in Bezug auf Kohlensäure wie auch in Bezug auf Alkohol durchaus bestätigen und ausserdem trat das anfängliche Sinken des Schwellenwerthes durch Alkohol innerhalb der Gaskammer an den Thonelektroden weit stärker hervor als an den Platinelektroden. Die wesentlichen Zahlen eines Versuchsbeispieles mögen dies er-

läutern. Vor Durchleiten der Alkoholdämpfe durch die Gaskammer lag der Schwellenwerth des Reizes an den Platinelektroden innerhalb der Gaskammer (*p*) bei Rollenabstand 275 ^{mm} gleich 5·5 Reizeinheiten, an den Thonplatten (*t*) bei Rollenabstand 195 ^{mm} gleich 14 Reizeinheiten. Zur Zeit der maximalen Reizbarkeitserhöhung durch Alkohol lag der Schwellenwerth des Reizes an ersterer Stelle bei 290 ^{mm} Rollenabstand gleich 4·5 Reizeinheiten, an letzterer bei 245 ^{mm} Rollenabstand gleich 7·5 Reizeinheiten. Dort, wo die Längscomponenten des Reizstromes überwiegen, war also der Schwellenwerth von 5.5 auf 4·5, das heisst um 18·2 Procent seines ursprünglichen Werthes gesunken, wo aber die Quercomponenten überwiegen, war er von 14 Reizeinheiten auf 7·5 herabgegangen, war also um 46·5 Procent seines ursprünglichen Werthes gesunken. Betrachten wir die procentische Aenderung des Schwellenwerthes als ein reciprokes Maass der Aenderung der Reizbarkeit, so würde also in diesem Falle die Reizbarkeit bei vorwiegend querer Durchströmung durch Alkohol etwa $2^3/_2$ mal so stark gesteigert worden sein als die Reizbarkeit bei vorwiegender Längsdurchströmung. Hierbei ist noch zu berücksichtigen, dass zu dieser Zeit nach Ausweis der Prüfungen an dem Elektrodenpaar *c*, central von der Gaskammer die Leitungsfähigkeit für Erregung schon stark gesunken war und, dass diese Aenderung der Leitungsfähigkeit den Schwellenwerth an den Elektroden *t* stärker beeinflussen (d. h. am Sinken verhindern muss) als an den Elektroden *p*, welche letztere dem Muskel näher lagen.

Tritt wegen unvorsichtiger Alkoholeinwirkung die Herabsetzung der Leitungsfähigkeit für Erregung zu schnell und zu stark ein, so kann die anfängliche Reizbarkeitssteigerung gar nicht oder in Bezug auf das Verhältniss zwischen Längs- und Querdurchströmung im umgekehrten Sinne zur Erscheinung kommen. Das eine oder andere dieses Verhaltens zeigte sich in 4 von 16 mit dieser Anordnung durchgeführten Versuchsreihen, und zwar nachweislich aus dem angegebenen Grunde. Es wurden deshalb noch fünf Versuchsreihen durchgeführt, in denen die eine Platinelektrode des Elektrodenpaares *p* central, die andere peripher von den Thonplättchen lag. Hierbei trat, ebenso wie in 12 Versuchsreihen von den ersten 16, also in Summa in 17 Versuchsreihen von 21 regelmässig die grössere Reizbarkeitssteigerung an den Thonelektroden ein. Das Sinken des Schwellenwerthes bewegte sich an den Platinelektroden zwischen 0 und 25 Procent, an den Thonelektroden zwischen 20 und 75 Procent, es betrug an ersteren im Mittel aus allen 17 gelungenen Versuchen 8 Procent, an letzteren 39 Procent. Die Reizbarkeitssteigerung durch Alkohol trat also bei vorwiegender Quererregung etwa 5mal so stark hervor als bei vorwiegender Längserregung.

Das Resultat dieser Versuche bewies zweifellos die Berechtigung der Annahme, welche der zweiten der zu prüfenden Hypothesen zu Grunde liegt, dass es nämlich eine Quererregbarkeit des Nerven gebe, und dass diese in anderer Weise modificirt werden könne als die Längserregbarkeit. Der Plan, eine möglichst directe Prüfung der Widerstandshypothese herbeizuführen, musste aber festgehalten und weiter verfolgt werden. Hierzu waren einige Vorarbeiten erforderlich. Als Kriterien für die Zustandsänderungen des Nerven waren bisher nur die Aenderungen der Reizschwelle bei Beobachtung minimaler Zuckungen des mit dem Nerven verbundenen Muskels benutzt worden. Es war nun zunächst zu ermitteln, wo die Modificationen des Nerven in Aenderungen der Hubhöhe zum Ausdruck gelangen. Es ergab sich, dass bei passender Wahl einer mittleren

Reizstärke und unter Beibehaltung dieser Reizstärke in der ganzen Versuchsreihe die Aenderungen der Hubhöhen bei Einwirkung von Kohlensäure und Alkohol nach denselben Regeln erfolgten, welche auf Grund der Aenderungen der Reizschwelle sich ergeben hatten. Hiernach war zu erwarten, dass auch die Aenderungen der negativen Schwankung des Nervenstromes sich ebenso darstellen würden.

Um dies zu prüfen, wurde folgende Versuchsanordnung getroffen. Der Ischiadicus vom Frosch wurde mit einer kleineren Strecke seines Verlaufes als bisher in eine Gaskammer eingelegt, innerhalb welcher nur ein Elektrodenpaar aus Platin (*i*) dicht an der einen Wand und ausserhalb derselben ebenfalls ein Elektrodenpaar aus Platin (*e*), dicht an der anderen Wand angebracht war. Der Nerv wurde entweder mit seinem centralen Ende bei *e* aufgelegt, so dass ein gutes Stück seines peripherischen Endes auf der Seite von *i* die Gaskammer überragte oder umgekehrt mit seinem peripherischen Ende bei *e*. Nachdem an dem Ende des bei *i* die Gaskammer überragenden Nervenstückes ein frischer, scharfer Querschnitt angelegt worden war, wurde mittelst du Bois-Reymond'scher unpolarisirbarer Thonstiefelelektroden von diesem Querschnitt und von einem genügend hiervon entfernten Punkte des natürlichen Längschnittes ausserhalb der Gaskammer zu einer empfindlichen Bussole (Christiani's Modification der Wiedemann'schen Spiegelbussole) abgeleitet. Die Intensität des Längsquerschnittstromes am unerregten Nerven wurde in Scalentheilen der Spiegelablenkung bestimmt und dann wurde dieser Ruhestrom mit Hülfe eines runden Compensators von du Bois-Reymond auf Null compensirt.

Die Tetanisirung des Nerven bei *i* und *e* erfolgte in jeder Versuchsreihe mit constanter, etwas untermaximaler Reizstärke — um etwaigen Steigerungen der Reizbarkeit Gelegenheit zu geben, in die Erscheinung zu treten — und während genau gleicher Zeitdauer. Die Aenderungen der negativen Stromschwankung, gemessen in Scalentheilen der Bussolenablenkung, erfolgten nun ganz regelmässig derart, dass die negative Schwankung, hervorgerufen durch Tetanisirung bei *i* zunächst auf Kohlensäureeinwirkung, bei *e* zunächst auf Alkoholeinwirkung sank. Die wesentlichsten der hierher gehörigen Erscheinungen, das heisst die vorwiegende Herabsetzung der Reizbarkeit durch Kohlensäure und der Leitungsfähigkeit durch Alkohol liessen sich am Ischiadicus des Frosches also auch durch die Aenderungen der negativen Stromschwankung deutlich zur Anschauung bringen, und zwar in gleicher Weise bei centripetalen wie bei centrifugalen Erregungswellen.

Jetzt war die erforderliche Grundlage gewonnen, auf welcher an ein Experimentum crucis zur Prüfung der Widerstandshypothese herangetreten werden konnte. Handelte es sich wesentlich um Widerstandsänderungen in adventitiellen Substanzen des Nerven, so mussten die Erscheinungen sich ändern, wenn die Experimente an Nerven wiederholt wurden, bei denen das Verhältniss zwischen der Masse der eigentlichen erregbaren Nervensubstanz und den adventitiellen Substanzen ein wesentlich anderes ist, wie bei dem Ischiadicus des Frosches. Ein solcher Nerv ist der Olfactorius vom Hecht, welcher schon wiederholt zur Verwendung gekommen ist, wenn es sich darum handelte, die an markhaltigen Nervenfasern gewonnenen Erfahrungen auch an marklosen Nervenfasern zu prüfen. Mag man nun die vollkommene Abwesenheit des Nervenmarkes in den Fasern des Olfactorius anerkennen oder nicht, jedenfalls ist der quantitative Unterschied sowohl in dieser Beziehung als auch in Bezug auf beigemischtes Bindegewebe

gegen den Ischiadicus gross genug für den vorliegenden Zweck. In der That kann man sich bei der Hantirung mit dem Olfactorius vom Hecht des Eindruckes nicht erwehren, dass man es hier mit dem „nackten Leben“ zu thun hat, sowohl wegen der weichen, glashell durchscheinenden Beschaffenheit desselben, als auch wegen seiner hochgradigen Hinfälligkeit. Letzterer kann man freilich Herr werden, wenn man nicht in einem zu warmen und trockenen Raume arbeitet, aber auch in der Gaskammer musste der Kohlensäure- und Alkoholgehalt der Luft weit vorsichtiger als bei dem Ischiadicus abgestuft werden, wenn das Leben nicht sofort vernichtet werden sollte. Hat man diese Verhältnisse erst beherrschen gelernt, so kann man an den Aenderungen der negativen Stromesschwankung beim Olfactorius nicht nur die vorwiegende Herabsetzung der Reizbarkeit durch Kohlensäure und der Leitungsfähigkeit durch Alkohol, sondern auch die besondere Wiedererholung jeder einzelnen der geschädigten Fähigkeiten beim Verdrängen des schädlichen Agens durch feuchte Luft mit derselben Deutlichkeit und Sicherheit wie am Ischiadicus demonstriren. Es muss sich hierbei also wirklich um Aenderungen von Eigenschaften der eigentlichen erregbaren Nervensubstanz handeln und eine etwaige Aenderung im elektrischen Leitungswiderstand adventitieller Substanzen könnte nur von nebensächlicher Bedeutung sein.

Es wurde aber nicht versäumt, Versuche mit einer Anordnung anzustellen, bei welcher sich Aenderungen der Bedingungen für die Intensität der Reizströme im Nerven wohl hätten zeigen können, wenn sie durch Einwirkung von Alkohol oder Kohlensäure hervorgerufen würden. Innerhalb der Gaskammer wurde ein Paar der früher benutzten Platinelektroden dem Ischiadicus angelegt und in den Nervenkreis wurde ausser der secundären Spirale des du Bois-Reymond'schen Schlitteninductoriums noch die Bussole aufgenommen. In den Kreis der primären Spirale des Schlitteninductoriums war eine mechanische Vorrichtung eingeschaltet, welche den Strom mit ein für allemal gleicher Geschwindigkeit zu öffnen gestattete. Die Bussolausschläge, welche durch einzelne (die Platinelektroden, die Reizstrecke des Nerven und die Bussole passirende) Oeffnungsinductionsschläge bei verschiedenen Rollenabständen eintraten, wurden notirt, dann wurde Kohlensäure oder Alkohol durch die Gaskammer geleitet und nach einer Einwirkung derselben von einer Stärke und Dauer, dass die typischen Aenderungen der Reizbarkeit oder Leitungsfähigkeit sicher zu erwarten gewesen wären, wurde die Versuchsreihe wiederholt. Es zeigten sich nun für jeden einzelnen Rollenabstand entweder gar keine Aenderungnn in der zur Beobachtung kommenden Stromintensität, oder wenn sie eintraten, waren sie ganz geringfügig und erfolgten bei der grösseren Zahl dieser Fälle ausserdem in einem solchen Sinne, dass sie sich zur Stützung der Widerstandshypothese nicht hätten verwerthen lassen. Eine strenge Widerlegung dieser Hypothese enthalten die Versuche allerdings auch nicht, denn über die wirkliche Stromvertheilung im Nerven erfahren wir aus ihnen nichts. Immerhin konnte das negative Resultat nicht sehr zu einer Verfeinerung des Versuchsverfahrens, behufs Trennung von Widerstand und Polarisation u. d. m. einladen. Angesichts der eindeutigen Antwort, welche die Versuche am Olfactorius ergeben hatten, hätte eine solche Verfeinerung, namentlich was etwaige Aenderungen der Polarisirbarkeit anlangt, nur bei Anwendung auf diesen Nerven einen strengen Sinn gehabt. Derartige Versuche am Olfactorius durchzuführen dürfte aber auf ziemliche Schwierigkeiten stossen. Wir gaben deshalb zunächst anderen Versuchen den Vorzug, welche auf einem neuen Wege zu einem Urtheil darüber verhelfen konnten, ob die Aenderungen

in der erregbaren Substanz des Nerven selbst oder in adventitiellen Substanzen zu suchen seien. Treten Aenderungen letzterer Art ein, so können sie zwar die Zugänglichkeit der erregbaren Nervensubstanz nicht nur für elektrische Reizströme, sondern auch für mechanisch reizende Erschütterung beeinflussen, es wäre aber schwer, sich eine durch Alkohol oder Kohlensäure hervorzurufende Veränderung adventitieller Substanzen vorzustellen, bei welcher beide Einflüsse in dem gleichen Sinne oder in demselben Maasse eintreten sollten.

Wir machten uns deshalb daran, die Zustandsänderungen des Nerven in der Gaskammer auch unter Anwendung mechanischer Reize zu prüfen. In der Gaskammer wurde ein kleiner Amboss angebracht mit einer Rinne aus Elfenbein, welche geeignet war, den Ischiadicus vom Frosch der Länge nach, vor seitlichen Verschiebungen geschützt, aufzunehmen. An dem Amboss befand sich ein zuerst aufrecht, dann horizontal quer über die Rinne gebogenes federndes Glied, welches das elfenbeinerne Hämmerchen trug. Das den Amboss überragende freie Ende der Feder war mit einem Faden umschlungen, welcher durch das nach unten gerichtete Abzugsrohr der Kammer nach aussen führte, und welcher unten an einem horizontalen und um eine horizontale Axe drehbaren Hebel befestigt war. Ein dem freien Ende dieses Hebels gegenüber aufgestellter Fallhammer war an seinem Kopf mit einer festen Nadel versehen, welche beim Fall des Hammers den Hebel traf, ihn nach unten ablenkte und dann von ihm abglitt. Durch die Ablenkung des Hebels nach unten erhielt der Nerv einen Schlag mit dem Hämmerchen, welcher sich nach Dauer, Schnelligkeit und Tiefe leicht abstufen liess. Der zu dem Nerven gehörige Muskel schrieb seine Hubhöhen auf einer berussten Glasplatte auf und der mechanische Reizapparat liess sich leicht so justiren, dass Zuckungsreihen mit constantem, etwas untermaximalem Hub erhalten werden konnten. Zur Prüfung der Leitungsfähigkeit durch Reizungen des Nerven central von der Gaskammer wurden ebenfalls mechanische Reize verwendet, obgleich dies nicht erforderlich gewesen wäre. Es bot sich aber auch als das Bequemste und dabei ausreichend Sichere dar, da durch gleichmässigen Schlag aus freier Hand mit einem Stäbchen auf den freiliegenden Nerven gleichmässige Zuckungen von gewünschter Höhe sich erzielen lassen und da für maximale Steigerung des Reizes Quetschen mit der Pincette oder Schneiden mit der Scheere ausreichte.

Es ergab sich nun bei diesen Versuchen, dass die Reizbarkeit des Nerven für ganz gleichmässige, innerhalb der Gaskammer einwirkende mechanische Reize unter Alkoholeinwirkung zuerst deutlich zunahm, dann langsam sank, weit langsamer als die Leitungsfähigkeit derselben Nervenstrecke, denn die Hubhöhen bei gleichbleibender mechanischer Reizung innerhalb der Gaskammer waren noch recht beträchtlich, wenn auf Quetschen oder Schneiden des Nerven central von der Gaskammer der Muskel schon gar nicht weiter reagirte. Nach Kohlensäureeinwirkung sank die Hubhöhe bei gleichmässigem mechanischen Reiz innerhalb der Gaskammer schnell und war schon Null geworden, wenn möglichst gleichmässiger Schlag auf den Nerven central von der Gaskammer noch den ursprünglichen Erfolg gab. Der Nerv verhielt sich also innerhalb der Gaskammer gegen mechanischen Reiz ganz so wie gegen elektrischen und es ist auch hieraus, wenigstens mit grosser Wahrscheinlichkeit zu schliessen, dass die Erhöhung der Reizbarkeit und Verminderung der Leitungsfähigkeit durch Alkohol, sowie die Verminderung der Reizbarkeit durch Kohlensäure auf Zustandsänderungen der eigentlichen erregbaren Nervensubstanz selbst beruhen.

Es muss nun noch über einen Satz von Versuchsreihen berichtet werden, welche nach einem anderen Plane mit Absicht auf dasselbe Ziel angestellt wurden und welche, obgleich sie den erwarteten Beitrag zur Lösung der aufgeworfenen Fragen nicht geliefert haben, doch ein selbständiges Interesse beanspruchen. In Bezug auf das Massenverhältniss erregbaren Protoplasma's zu adventitiellen Substanzen verhält sich der Sartorius vom Frosch ähnlich wie der Olfactorius vom Hecht und an der Muskelfaser können wir ebenso wie an der Nervenfaser Reizbarkeit und Leitungsfähigkeit für Erregung unterscheiden. Es war auch zu erwarten, dass sich die Aenderungen beider Eigenschaften in den Aenderungen der negativen Stromesschwankung am Sartorius ebenso zum Ausdruck bringen lassen würden wie am Nerven. Der Muskel wurde ausgestreckt im du Bois-Reymond'schen Muskelspanner befestigt und an seinem unteren Ende mit thermischem Querschnitt versehen. Von diesem Querschnitt und von einem geeignet entfernten Punkte des natürlichen Längsschnittes wurde mittels du Bois-Reymond'scher unpolarisirbarer Thonstiefelelektroden zur Bussole abgeleitet, der Ruhestrom mit Hilfe des runden Compensators compensirt. Eine Strecke des Muskels oberhalb der Längsschnittselektrode befand sich in einer Gaskammer, aus welcher das oberste Muskelende hervorragte. Innerhalb und oberhalb der Gaskammer lag dem Muskel je ein Paar Platinelektroden an behufs Zuführung tetanisirender elektrischer Reize, welche in Bezug auf Stärke und Dauer constant gehalten werden konnten. Bei Benutzung des Elektrodenpaares oberhalb der Gaskammer zeigten die Aenderungen der negativen Stromschwankung, welche bei Alkohol- oder Kohlensäureeinwirkung eintraten, die Aenderungen der Leitungsfähigkeit an. Dasselbe gilt für die Reizbarkeit bei Benutzung des Elektrodenpaares innerhalb der Gaskammer.

Die Versuche verliefen ganz glatt und regelmässig, aber doch wesentlich anders wie am Nerven. Es war nämlich die Leitungsfähigkeit, welche ausnahmslos weit früher und stärker sank als die Reizbarkeit, nicht nur bei Durchleitung von Alkohol, sondern auch von Kohlensäure durch die Gaskammer. Die Widerlegung der Widerstandshypothese, zu welcher wir auf anderen Wegen gelangt sind, kann durch das Resultat dieser Versuche nicht erschüttert werden. Zweifel nach dieser Richtung hätten nur entstehen können, wenn gleichmässige Aenderungen von Leitungsfähigkeit und Reizbarkeit an diesem an adventitiellen Substanzen armen Object eingetreten wären. Aber auch zu einer Stütze jener den Nerven betreffenden Widerlegungen lassen sich die Versuche am Sartorius nicht verwenden, sie zeigen eben, dass das Verhältniss von Leitungsfähigkeit zu Reizbarkeit bei der Muskelfaser ein anderes ist wie beim Nerven. Dass sich übrigens auch in unseren Versuchen die Leitungsfähigkeit der Muskelfaser als besonders hinfällig gezeigt hat, kann nicht Wunder nehmen, da wir aus der Erscheinung des idiomusculären Wulstes seit lange wissen, in wie starkem Maasse die örtliche Erregbarkeit der Muskelfaser ihre Leitungsfähigkeit für Erregung überdauern kann. Die physiologische Leistung des Nerven besteht in der Leitung des Erregungszustandes und die Nervenfaser muss nach dieser Richtung eine besondere Ausbildung erfahren haben. Bei der Muskelfaser ist eine solche Ausbildung umgangen, dadurch, dass die längsten Muskeln aus Fasern zusammengesetzt sind, deren jede einzelne nicht länger ist wie höchstens 5 ^{cm}. Auch die Versorgung der einzelnen Muskelfasern des Froschsartorius mit je zwei Nervenendigungen weist auf eine Entlastung der Muskelfaser von den Aufgaben der Erregungsleitung hin.

Fassen wir die Resultate der an den Nerven selbst angestellten Versuche zusammen, so ergiebt sich Folgendes.

Die Methode, in der Gaskammer eine gleichzeitige verschiedene Aenderung der Leitungsfähigkeit und Reizbarkeit an derselben Nervenstrecke herbeizuführen, hat sich als zuverlässig und sehr ausbildungsfähig erwiesen. Eine umgekehrte Modification des Nerven ausserhalb der Gaskammer tritt nicht ein.

Durch Kohlensäure kann die Reizbarkeit viel schneller geschwächt werden als die Leitungsfähigkeit.

Durch Alkohol wird die Reizbarkeit zunächst gesteigert (im geringeren Maasse auch die Leitungsfähigkeit). Die Leitungsfähigkeit sinkt schon sehr erheblich, während die Reizbarkeit noch gesteigert ist. Die anfängliche Reizbarkeitssteigerung durch Alkohol tritt bei Zuführung der Reizströme mit überwiegenden Quercomponenten weit stärker hervor als mit überwiegenden Längscomponenten. Bei längerer Einwirkung sinkt auch die Reizbarkeit, aber schwächer wie die Leitungsfähigkeit.

Diese Modificationen des Nerven lassen sich, wenn sie schon mit aller Deutlichkeit eingetreten waren, durch Entfernen der Agentien wieder rückgängig machen.

An diesen Erscheinungen sind Aenderungen der Leitungsfähigkeit adventitieller Substanzen für die elektrischen Reizströme entweder gar nicht oder in ganz nebensächlicher Weise betheiligt. In dieser Richtung ist also eine Deutung der Erscheinungen nicht zu suchen. Die letzteren müssen vielmehr auf verschiedenen Aenderungen verschiedener Eigenschaften der eigentlichen erregbaren Nervensubstanz selbst beruhen.

Das Ueberwiegen der Reizbarkeitserhöhung durch Alkohol bei elektrischer Querdurchströmung des Nerven über diejenige bei Längsdurchströmung enthält einen neuen directen Beweis für die Quererregbarkeit des Nerven.

Diese Thatsache giebt aber auch einen Hinweis darauf, dass die verschiedenen Eigenschaften der erregbaren Nervensubstanz, welche durch Alkohol und Kohlensäure verschiedene Veränderung erleiden, in ihrer Quer- und Längserregbarkeit zu suchen sein werden.

X. Sitzung am 29. März 1889.[1]

1. Hr. G. Klemperer hielt den angekündigten Vortrag: Ueber den Eiweissbedarf in gesundem und in einigen krankhaften Zuständen.

Der Vortragende erörtert die Voit'sche Lehre, dass zur Erhaltung des Körper-Eiweissbestandes eine Menge Eiweiss zugeführt werden müsse, welche die von demselben Organismus im Hunger zersetzte Eiweissmenge bedeutend übertrifft, und führt eine Reihe Beobachtungen aus der Litteratur an, welche gegen diese Lehre zu sprechen scheinen (Salkowski, Rubner, Munk, Pflüger u. A.). Systematisch untersucht wurde die Frage, wie weit sich der N-Umsatz herabdrücken lasse, von Hirschfeld, welcher in mehreren Versuchsreihen mit 30—40^{g} Eiweiss seinen Körper ganz oder doch annähernd in N-Gleichgewicht setzen konnte.

---

[1] Ausgegeben am 5. April 1889.

Vortragender ist im Verlaufe von Studien über Krankenernährung dieser Frage nahe getreten und hat unter Beachtung der für Stoffwechselversuche nothwendigen Cautelen 2 gesunden Wärtern von 20 und 28 Jahren, 128 und 131 Pfd. schwer, 8 Tage lang folgende Nahrung verabreicht, welche im Ganzen gut vertragen wurde:

Nahrung	enthalten (das Brot wurde täglich analysirt):
300 g Brot	
300 g Butter	
250 g Traubenzucker	
800 ccm Lagerbier	30·65 g Eiweiss
280 ccm Cognac	262 g Fett
1/3 l dünnen Kaffee	406 g Kohlehydrat
10 g Kochsalz	199 g Alkohol
2.5 g Liebig'scher Fleischextract	

Das Resultat der Stoffwechseluntersuchung war:

I. Ausscheidung durch den Koth in 3 Portionen analysirt:

N	Fett
2·13 g N	12·8 g Fett
3·94 g N	29·9 g „
3·98 g N	24·8 g „
10·05 g N	67·6 g Fett.

Werden diese Werthe als nicht resorbirt von der Nahrung abgezogen, so ist die tägliche N-Einnahme 3·66 g.

Die tägliche N-Ausgabe durch den Urin war:

1. 11·68 g N
2. 5·6 g N
3. 5·54 g N
4. 4·2 g N
5. 4·06 g N
6. 3·5 g N
7. 3·4 g N
8. 3·12 g N

An den 3 letzten Tagen hat also ein Ansatz von Eiweiss stattgefunden. Die Versuchsperson nahm in den ersten 6 Tagen 2 Pfd. ab, in den letzten 3 Tagen 1 1/2 Pfd. zu.

II. Ausscheidung durch den Koth in 4 Portionen bestimmt:

N	Fett
0·75 g N	32·1 g Fett
0·73 g N	21·7 g „
3·2 g N	29·8 g „
3·53 g N	30·5 g „
8·21 g N	114·1 g Fett.

Danach die tägliche N-Einnahme 3·88 g N.

Die tägliche N-Ausgabe durch den Urin war:

1. 6·6 g N
2. 5·6 g N
3. 3·9 g N
4. 3·4 g N
5. 3·8 g N
6. 3·1 g N
7. 2·9 g N
8. 2·5 g N

Also in den 5 letzten Tagen hat Eiweissansatz stattgefunden. Die Versuchsperson hat in den ersten 4 Tagen 2 1/2 Pfd. abgenommen, von da an 2 Pfd. zugenommen.

Durch diese Versuche betrachtet Verf. es als festgestellt, dass mit sehr kleinen Eiweissmengen bei reichlicher N-freier Kost das N-Gleichgewicht her-

zustellen sei. Für die Praxis, namentlich der Volks- und Massenernährung sind hieraus nicht unwichtige Schlüsse zu ziehen. In theoretischer Beziehung folgert Verf., dass bei der Zersetzung des Eiweisses sich Molecülgruppen aufbauen, die sich wie Fett und Kohlehydrat weiterzersetzen.

Vortr. wendet sich zu der Frage, ob in Fällen krankhaft gesteigerten Eiweisszerfalles die N-losen Stoffe in demselben Maasse für das Eiweiss eintreten können. Verhältnissmässig leicht zu übersehen sind die Verhältnisse bei der Dyspnoe. Verf. hat nach Art von A. Fränkel an tracheotomirten Hunden Erstickungsversuche angestellt, welche die N-Ausscheidung bis auf's Doppelte steigern. Schon in den Fränkel'schen Versuchen zeigt sich, dass bei gemischter Kost der Eiweisszerfall nicht so hochgradig ansteigt, wie bei Inanition. Verf. konnte zeigen, dass bei reichen Fettgaben der N-Umsatz nur äusserst wenig oder gar nicht ansteigt.

I. Hündin von 20·5 kg, täglich 500 g Fleisch, 100 g Speck.

	Harn	N
13. XII.	355	16·5
14. XII.	421	16·4
15. XII.	365	15·8
16. XII.	350	15·6
17. XII.	420	17·2
18. XII.	370	16·8
19. XII.	410	16·3
20. XII.	350	16·2
21. XII.	320	18·3

Am 17. December von 1—4 Dyspnoe.
Am 18. December 100 g Speck extra.
Ebenso 19. December.
Am 19. December von 1—4 Dyspnoe.
Am 21. December von 1—4 Dyspnoe.

II. Hündin von 21·5 kg täglich 500 g Fleisch. 100 g Speck.

	Harn	N
3. I.	428	17·3
4. I.	420	17·1
5. I.	317	16·5
6. I.	390	15·8
7. I.	415	17·2
8. I.	480	15·8
9. I.	420	15·2
10. I.	464	15·8
11. I.	605	15·6
12. I.	420	14·9

Am 7. Januar von 1—5 Dyspnoe.
Am 8. Januar 150 g Speck extra.
Am 9. Januar 150 g Speck extra.
Am 10. Januar 150 g Speck extra.
Am 10. Januar von 2—5 Dyspnoe.
Am 11. Januar 150 g Speck extra.
Am 12. Januar 150 g Speck extra.

Nach Fränkel ist der Grund des Eiweisszerfalls bei Dyspnoe ein Absterben des Organeiweisses in Folge O-Mangels. Diese Erklärung wird unwahrscheinlich, nachdem gezeigt ist, dass eine starke Fettzunahme die Erhöhung des Eiweisszerfalls aufzuheben vermag. Es scheint vielmehr Dyspnoe und Stoffumsatz durch dieselbe Ursache bedingt. Durch Geppert und Zuntz (Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XLII. S. 289) ist bewiesen, dass die Dyspnoe bei Muskelarbeit bedingt wird durch chemische Substanzen, welche direct das Athemcentrum reizen. Diese Substanzen werden durch die Arbeit des Herzens u. s. w. fortwährend im lebenden Organismus erzeugt. Geppert und Zuntz charakterisiren diese Substanzen dahin, dass sie bei normaler O-Zufuhr schnell oxydirt und eliminirt werden. Bei O-Mangel häufen sie sich im Blut an und erzeugen durch ver-

stärkte Reizung des Athemcentrums Dyspnoe. Die Hypothese liegt nahe, dass diese toxischen Substanzen im normalen Zustand die Erreger des Stoffzerfalles, bei O-Mangel die Erreger des gesteigerten Umsatzes sind. Nach dieser Hypothese sind alle Erkrankungen, welche mit gesteigertem Eiweisszerfall einhergehen, als Intoxicationen zu betrachten. Die toxisch wirkenden Substanzen sind bei der Dyspnoe Producte des bis auf die Endoxydation normal verlaufenden Stoffwechsels; in anderen Erkrankungen sind sie Producte der Einwirkung von Bakterien auf das Protoplasma, in einer Reihe von Erkrankungen ist der Ursprung der toxischen Substanzen unerklärt.

In die Kategorie der Intoxicationskrankheiten rechnet Verfasser:

1. Den fieberhaften Process. Die toxische Substanz hat gleichzeitig die Eigenschaft, ein Wärmecentrum zu reizen. Der Eiweisszerfall ist durch N-lose Kost wesentlich zu beschränken. Verfasser verweist auf die Versuche von von Hösslin (Virchow's *Archiv.* Bd. LXXXIX. S. 95).

2. Die Anaemieen und Leukaemieen. Verf. hat in 5 Fällen Stoffwechseluntersuchungen angestellt. Es besteht theilweise sehr gesteigerter Eiweisszerfall; durch grosse Fettgaben wird der N-Umsatz auf normale Höhe herabgedrückt. Zu den perniciösen Anaemieen rechnet Verf. den Morbus Addisonii. In einem Falle gelang es trotz hoher Fettgaben nicht, den sehr hohen Eiweisszerfall dauernd zu erniedrigen; der Pat. starb bald. Ein Fall ist noch in Beobachtung und hält sich mit 200 g Fett bei geringem N-Ansatz, hat schon 8 Pfd. zugenommen.

3. Das Carcinom. Verf. berichtet über 3 Fälle, bei denen der Eiweissumsatz die Einnahme unter Verhältnissen überstieg, unter denen Controlindividuen Eiweiss ansetzten. Durch viel Fett wurde Eiweissansatz erzielt und die Consumption aufgehalten.

4. Phthisis pulmonum; auch in fieberfreien Zeiten übersteigt oft der N-Umsatz die hinreichende N-Einnahme. Verf. will über diese Fälle a. a. O. berichten.

5. Diabetes mellitus. Der Eiweisszerfall ist bei dieser Krankheit von einer Zuckerausscheidung begleitet. Nicht die Zuckerbildung ist das Pathologische, sondern das Ausbleiben der Verbrennung. Die postulirte toxische Substanz, welche den Diabetes veranlasst, muss die besondere Eigenschaft haben, die Oxydation des Spaltungszuckers trotz der Gegenwart freien O's zu verhindern. Bis vor Kurzem war die Möglichkeit einer solchen toxischen Einwirkung nicht zu discutiren. In seiner Arbeit über Blausäurevergiftung hat Geppert nachgewiesen, dass diesem Körper die Eigenschaft zukommt, die Oxydation der Gewebe trotz Gegenwart freien O's zu verhindern. Es erscheint dem Verf. sehr bemerkenswerth, dass CNK Zuckerausscheidung und gesteigerten Eiweisszerfall bewirkt.

Verf. hat an 4 Fällen von malignem Diabetes festgestellt, dass viel Fett die Eiweisszersetzung verringert. Gleichzeitig wird durch das Fett die Zuckerausscheidung herabgesetzt. Diese Thatsache hat Verf. sowohl in malignen als auch in benignen Fällen jedesmal erweisen können. Hieraus scheint zu folgen, dass bei der Zerspaltung des Fettes oxydirende Gruppen frei werden.

Vor Kurzem hat Nasse (Pflüger's *Archiv.* Bd. XLI, S. 378) von ganz anderen Gesichtspunkten ausgehend ebenfalls auf die „secundäre Oxydation" bei der Fettspaltung hingewiesen und dieselbe durch den Nachweis verminderter Abscheidung eingeführten Phenols bei grossen Fettgaben zu einer hohen Wahrscheinlichkeit erhoben.

Verf. weist schliesslich auf den Diabetes hin, welchen v. Mering durch Intoxication mit Phloridzin bei Hunden erzeugt hat; auch bei diesem wird Eiweisszerfall und Zuckerausscheidung durch Fettdarreichung sehr verringert. Der menschliche Diabetes unterscheidet sich vom Phloridzindiabetes dadurch, dass bei dem ersten die toxische Ursache und die dadurch bedingten gesteigerten Umsetzungen und abnormen Oxydationsvorgänge fortdauern, während der Phloridzindiabetes natürlich nach der Oxydation der eingeführten Toxinmenge zu Ende sei.

Verf. streift noch das Coma diabeticum, welches durch das sich immer mehr häufende Gift verursacht werde; die Säurebildung ist der Effect der gesteigerten Umsetzungen, aber nicht die Ursache des Coma.

Verf. schliesst mit der Betonung der praktisch-therapeutischen Wichtigkeit der festgestellten Thatsachen, die von der aufgestellten Theorie unabhängig sei.

2. Hr. SCHWEIGGER hielt den angekündigten Vortrag: „Ueber den elektrischen Augenspiegel" (mit Demonstration).

Wenn wir ein kleines oben und an der Rückseite gedecktes Glühlicht so vor unser Auge halten, dass es einen Theil unseres Pupillargebietes einnimmt, können wir damit ein gegenüberstehendes Auge durchleuchten. Dieses einfache Verfahren genügt zur Untersuchung im umgekehrten Bild; wünscht man eine grössere Lichtstärke, so kann man das Glühlicht mit einem kleinen Convexglas von kurzer Brennweite (etwa 10 mm) verbinden. Zur Untersuchung im aufrechten Bild ist dieses Verfahren nicht empfehlenswerth, denn ebenso wie die Glühlampe einen Theil unseres Pupillargebietes einnehmen muss, ist dies auch beim untersuchten Auge der Fall. Bei der starken Annäherung, welche das aufrechte Bild erfordert, wirft daher die Iris des untersuchten Auges ihren Schatten in den Augenhintergrund, wodurch das Beleuchtungsfeld kleiner wird als das ophthalmoskopische Gesichtsfeld. Für das aufrechte Bild empfiehlt sich daher der elektrische Augenspiegel nach Juler, bei welchem ein kleines Glühlicht mit dem Spiegel fest verbunden ist.

Die directe Beleuchtung des Auges ohne Spiegel ermöglichte aber die Construction eines binocularen Ophthalmoskops für das umgekehrte Bild. Mit dem Giraud-Teulon'schen Augenspiegel sieht man allerdings mit beiden Augen, gewinnt aber keine genügende Wahrnehmung der Tiefendimension, wie man sich durch den Hering'schen Fallversuch überzeugen kann. Die Wahrnehmung der Tiefendimension durch das binoculare Sehen beruht auf der Incongruenz der Netzhautbilder, welche abhängig ist vom Convergenzwinkel. Dieser Winkel wird beim Giraud-Teulon'schen Augenspiegel bestimmt durch die Grösse der Durchbohrung des Spiegels (etwa 5—6 mm) und die Entfernung des umgekehrten Bildes vom Spiegel (25—30 cm); der Convergenzwinkel beträgt demnach nur etwa $1^{0}\ 30'$, — was für genaue Wahrnehmung der Tiefendimension nicht genügt. Die ophthalmoskopische Beleuchtung ohne Spiegel erlaubt uns jedoch die Benutzung eines erheblich grösseren Convergenzwinkels, welcher auch für den Hering'schen Fallversuch vollkommen genügt.

Der vom Vortragenden construirte binoculare Augenspiegel besteht aus zwei Planspiegeln, welche unter einem Winkel von 90^{0} zusammengefügt sind. In dem von den Spiegeln gebildeten Dreieck befindet sich ein Glühlicht mit Convexglas, dessen Strahlen durch eine in der Mitte der Berührungslinie angebrachte runde Oeffnung das untersuchte Auge beleuchten. Parallel zu jeder Spiegelfläche be-

findet sich vor jedem der beiden Augen des Beobachters ein Planspiegel, welcher die vom Augenhintergrund ausgegangenen Strahlen dem Auge zuführt.

Eine andere Verwendung erlaubte das Glühlicht zum Zwecke der Fernpunkt-Bestimmung. Das umgekehrte Bild des Augenhintergrundes, welches bei hochgradiger Myopie von den brechenden Medien im Fernpunkt entworfen wird, sehen wir mit grosser Deutlichkeit, waren aber bisher nicht im Stande, seinen Ort genau zu bestimmen und doch erlaubt ein einfacher Apparat eine ganz genaue Messung der Entfernung des umgekehrten Bildes vom Auge. Mit einem elektrischen Glühlicht werden Liniensysteme beleuchtet, welche sich an dem einen Ende einer Röhre befinden; am anderen Ende der Röhre befindet sich ein Convexglas. Die Entfernung zwischen den Linien und dem Convexglase beträgt etwa die doppelte Brennweite. Mittels eines durchbohrten Planspiegels wird das vom Convexglas entworfene Bild in unsere Sehaxe gebracht, und die Entfernung des Bildes vom Spiegel ist genau messbar und unveränderlich. Nur dann, wenn diese Linien genau in den Fernpunkt des untersuchten Auges fallen, entwerfen sie ein scharfes Bild auf der Retina, welches wir gleichzeitig mit dem umgekehrten Bild des Augenhintergrundes sehen. Wir messen daher die Entfernung, in welcher sich der Spiegel vom untersuchten Auge befindet, wenn wir ein scharfes Bild der Linien sehen, ziehen davon die Entfernung ab, in welcher sich die Linien vom Spiegel befinden, und wissen sofort genau die Fntfernung des Fernpunktes. Da wir mit Hülfe von Convexgläsern den Fernpunkt in jede beliebige Entfernung verlegen können, so lässt sich diese Methode zur Fernpunktsbestimmung überhaupt benutzen.

Nachtrag.[1]

In der Sitzung vom 27. April 1888 hielt Hr. Blaschko den angekündigten Vortrag: „Ueber den Verhornungsprocess“ (1. Mittheilung).

Die ersten erkennbaren morphologischen und chronischen Veränderungen, mit denen der Verhornungsprocess der Epidermiszellen eingeleitet wird, zeigen sich in den beiden verhältnissmässig erst kurze Zeit bekannten, an der Grenze zwischen Rete Malpighii und Stratum corneum gelegenen Schichten, dem Stratum granulosum und dem Stratum lucidum. Unerlässliche Vorbedingung für die Kenntniss des Verhornungsvorganges ist die Erforschung der chemischen und morphologischen Bedeutung der Körner in den Zellen des Stratum granulosum. Ranvier hielt dieselben für Tropfen einer ölartigen Substanz (Eleidin), Waldeyer indentificirte sie mit dem von Recklinghausen studirten Hyalin, einer eiweissartigen Substanz, und nannte sie Keratohyalin, Zabludowski und neuerdings Zander halten die Substanz für Tropfen oder Körnchen von echtem Keratin. Liebreich vermuthete und Lewin und Sticker suchten zu beweisen, dass die Körnchen Cholesterinfett (Lanolin) oder doch ein Gemenge von Eiweiss mit Cholesterinfett darstellen. Mertsching (Sitzung der Physiol. Gesellschaft vom 13. April 1888) bringt die Substanz mit dem Chromatin der Kerne und (!?) dem Pigment der Epithelzellen in Verbindung.

Die Körnchen sind nicht flüssig, sondern stellen eine festweiche Masse dar, insofern sie auf Druck nicht zerfliessen oder confluiren, sondern ihre Form nur wenig und vorübergehend verändern, sich auch nicht aus isolirten Zellen als Tropfen herausdrücken lassen. — Grössere Schollen der Substanz, wie sie

[1] Ausgegeben am 25. Januar 1889.

z. B. bei Epithelioma molluscum vorkommen, drücken sich gegenseitig ein. — Gegen die Fettnatur der Körnchen spricht, dass sie von Osmium nicht schwarz gefärbt werden, dass sie nicht extrahirbar sind durch langsam ansteigende Alkoholhärtung, sich nicht lösen in Alkohol, Aether und Chloroform, weder in der Kälte noch in der Wärme, auch nicht, wenn man die Schnitte (nach Gottstein) 10 Minuten in 2—5 Procent Kalialkohol kocht. Vielmehr tritt die charakteristische Färbung der Körner (s. u.) nach diesen Behandlungsweisen um so deutlicher hervor. Dieselben Argumente sprechen dagegen, dass es sich um Lanolin handle, welches ebenfalls mit Osmium sich schwarz färbt, auch wenn man es in Chloroform gelöst, und mit dieser Lösung Schnitte, in denen es in Gestalt feiner Tröpfchen ausfällt, imprägnirt hat. Die von Lewin und Sticker behauptete Cholestolreaction des Stratum granulosum habe ich nie beobachtet, auch nicht an der Schafhaut, wo sie doch sehr deutlich sein müsste. Aber selbst wenn vorhanden, würde sie hier für die Existenz von Lanolin nicht beweisend sein, da die Reaction auch für reines Cholesterin gilt und letzteres in den Epidermoidalgebilden bekanntlich oft vorhanden ist. — Eine fettige Substanz schliesslich, welche in tieferen Epidermislagen in Tropfenform ausgeschieden wird, müsste in höheren Schichten entweder in gleicher Weise oder, wenn sie die Zellen diffus durchtränkte, noch deutlicher nachweisbar sein — was nicht der Fall ist.

Mit Jod geben die Körnchen weder Stärke-, noch Glykogen-, noch Amyloidreaction, wie schon Waldeyer gezeigt hat. Die Eiweissreactionen (Xanthoprotein, Millon, Adamkiewicz, Liebermann) sind vorhanden, wenn auch nur von bedingter Beweiskraft, da die Körnchen in eiweisshaltiges Gewebe eingebettet sind. Wahrscheinlich handelt es sich um eine eiweissartige oder eiweissähnliche Substanz, aber jedenfalls nicht um Keratin, Nuclein und Hyalin. Von ersterem unterscheidet sie sich durch ihre Verdaulichkeit, sowie durch ihr Verhalten gegen Haematoxylin und Pikrinsäure, vom Nuclein, wie auch schon Waldeyer gezeigt, durch ihre Unlöslichkeit in Natron carbonicum, von dem Hyalin durch das Fehlen fast aller Eigenschaften, welche neuerdings Recklinghausen als charakteristisch für das letztere angiebt, namentlich ihr Verhalten gegen Säurefuchsin und Haematoxylin. Charakteristisch für die Körner des Stratum granulosum und stets zuverlässig ist von allen Tinctionen einzig die Haematoxylin-Eisessigbehandlung, bei der dieselben tiefblau gefärbt werden, während Keratin ganz farblos wird und Hyalin einen blassvioletten Schimmer beibehält. Die Substanz ist, wie aus ihrem tinctoriellen Verhalten sowie ihrer anatomischen Lage hervorgeht, wahrscheinlich eine Vorstufe des Keratins (so auch Waldeyer) und verdient somit den Namen Prokeratin. Dieser Name ist jedoch jüngst von Reinke für ein anderes Zwischenglied zwischen Protoplasma der Epidermiszellen und Hornsubstanz vergeben worden. Das Reinke'sche Prokeratin, das durch sein tinctorielles Verhalten, sowie sein Verhalten gegen Ammoniak dem Recklinghausen'schen Hyalin viel näher steht als die Substanz des Stratum granulosum, scheint identisch mit der Substanz, welche die Zellen des Stratum lucidum infiltrirt und die Ranvier fälschlich mit den Körnern des Stratum granulosum identificirt hat, und stellt eine weitere Vorstufe des Keratins vor. Zur Vermeidung von Verwechselungen würde es sich empfehlen, die Substanz im Stratum granulosum als Prokeratin I, die Substanz im Stratum lucidum als Prokeratin II zu bezeichnen.

Aus einem Schreiben an den Herausgeber.

Köln, 5. März 1889.

— Hr. M. Marckwald macht mir in seiner letzten, unter Hrn. Kronecker's Leitung entstandenen Arbeit wiederholt den Vorwurf (1888), dass ich in meiner Untersuchung über die Innervation des Schluck- und Athemcentrums (1883) die Arbeit von Meltzer, welche unter Kronecker's Leitung über denselben Gegenstand gemacht worden ist, und welche vor der meinigen erschienen sein sollte, nicht gekannt und nicht citirt habe.

Mit dem zeitlichen Erscheinen dieser beiden Arbeiten, der meinigen und der von Meltzer, hat es aber folgende Bewandtniss: Beide Arbeiten sind im Jahrgange 1883 *dieses Archives* erschienen; die meinige umfasst die Seiten 57 bis 80 des am 20. Februar ausgegebenen Heftes, die Arbeit von Meltzer umfasst die Seiten 209 bis 239 des im Juli ausgegebenen Heftes, woraus wohl deutlich genug hervorgeht, dass meine Arbeit früher erschienen ist als die andere.

Nun beruft sich Hr. Marckwald darauf, dass die Meltzer'sche Arbeit am 12. August des vorangegangenen Jahres als Berliner Dissertation gedruckt worden ist. Dagegen ist schon Ende Juli das Manuscript meiner Arbeit an die Redaction des *Archives* abgegangen, dessen Empfang Sie mir durch eine, noch in meinem Besitze befindliche, vom 8. August datirte Karte bestätigt haben. Das dürfte wohl genügen, um die Fachgenossen über den Werth der mir gewordenen Vorwürfe zu orientiren.

I. Steiner.

Untersuchungen über den Muskelsinn.

Von

Alfred Goldscheider.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Berlin.)

I. Über die Bewegungsempfindung.

„Muskelsinn" ist ein Begriff, unter welchen die Fähigkeiten subsummirt werden, die jeweilige gegenseitige Stellung unserer Körpertheile, sowie ihre Lage im Raum, ferner die Bewegungen derselben wahrzunehmen und zugleich der Widerstände sich bewusst zu werden, welche sich den Bewegungen, insoweit sie activ sind, entgegenstellen. Die letztere Fähigkeit wird auch speciell als „Kraftsinn" bezeichnet. Dieser Name beruht auf einer Abstraction, welche voraussetzt, dass wir bei der Ueberwindung der Widerstände die jeweilige von uns aufzuwendende Kraftleistung empfinden, was aber keineswegs bewiesen ist. Es wäre daher besser, die Abstraction aufzugeben und sich an die Qualität der in Rede stehenden Sinnesleistung zu halten, welche so bestimmt wie möglich ist. Es handelt sich nämlich um die wohlcharakterisirten Empfindungen des Widerstandes und der Schwere, welche wir im Gegensatz zu den Wahrnehmungen von der Stellung und Bewegung unserer Glieder ausser uns zu setzen pflegen. Bei der üblichen begrifflichen Zusammenfassung der genannten Leistungen werden physiologisch zu sondernde Vorgänge vermischt, wie am klarsten bei der Betrachtung der Bewegung hervorgeht. Ich habe dieselben in meiner Abhandlung: „Ueber den Muskelsinn und die Theorie der Ataxie"[1] folgendermaassen charakterisirt: „Der eine (Theil der Bewegung) ist der physiologische: Nachdem ich den Willensentschluss und eine bestimmte

---

[1] *Zeitschrift für klinische Medicin.* Bd. XV. Hft. 1. u. 2.

Bewegungsvorstellung gefasst, tritt die Erregung durch Vermittelung des motorischen Centrums in die centrifugale Bahn über und veranlasst, im Muskel angelangt, eine eigenthümliche Formveränderung desselben durch lebendige Contractilität. Jetzt beginnt der zweite Theil der Bewegung, die mechanische Locomotion: die Sehne wird gezogen und durch sie das Glied.“ Aber nicht bloss bei der Bewegung, sondern auch bei der festen Haltung der Glieder spielt dieser Unterschied eine Rolle. Ein Gliedabschnitt kann durch fremde Hand in eine gewisse Stellung gebracht und in dieser fixirt werden, ohne dass irgend eine Nerven- oder Muskelthätigkeit des Individuums erheischt wird. Wenn dasselbe nun hiervon eine Wahrnehmung hat, welche Bedeutung hat es dann für die Sinnesleistung, wenn jetzt das Individuum eben dieselbe Haltung durch eigene Thätigkeit herbeiführt? Die Empfindung des Widerstandes und der Schwere dagegen knüpft sich anscheinend bloss an den physiologischen Vorgang, denn von diesem abgesehen erregt ein Gewicht bloss Druckempfindung. Somit muss die Fähigkeit, passive Stellungen und Bewegungen wahrzunehmen, von derjenigen, ebensolche bei activer Vornahme wahrzunehmen, unterschieden werden. Es fragt sich nun, ob die Bewegung eines Gliedes und die Haltung desselben ebenfalls bezüglich der Sinnesleistung als differente Dinge von einander zu scheiden sind. Ist doch die Bewegung nur der Uebergang der einen Haltung in die andere, durch eine ganze Reihe dazwischen befindlicher Haltungen hindurch! Allein wir wollen auch hier, Deductionen meidend, die Empfindungsqualitäten als Basis nehmen, und da der Vorgang des Bewegens oder Bewegtwerdens einen ganz anderen sinnlichen Eindruck in uns hervorruft, als derjenige ist, welchen wir erhalten, wenn wir uns die Lage unserer Glieder zu vergegenwärtigen suchen, so muss die Sinnesthätigkeit auch in dieser Beziehung gesondert betrachtet werden. Wir unterscheiden daher als im Begriff „Muskelsinn“ zusammengefasst folgende Sinnesleistungen:

1. die Fähigkeit, passive Bewegungen wahrzunehmen;

2. diejenige, active Bewegungen wahrzunehmen;

3. das Vermögen, der Stellung und Haltung der Glieder sich bewusst zu werden;

4. die Empfindung des Widerstandes und der Schwere.

In diesen seinen vier Erscheinungsweisen soll der Muskelsinn im Folgenden studirt werden, jedoch so, dass nach Besprechung der ersten derselben bereits die Empfindung des Widerstandes und der Schwere zur Untersuchung gelangen wird, wofür die Gründe sich dann später ergeben.

Das Gefühl für passive Bewegungen.

Unser Interesse wird sich einmal der Leistungsfähigkeit dieser Sinnesthätigkeit zuwenden und ferner der Frage, an welches Substrat dieselbe sich knüpft. Man könnte in ähnlicher Weise, wie E. H. Weber beim Kraftsinn zu ermitteln suchen, in welchen Grenzen wir Differenzen passiver Bewegungea noch zu erkennnen vermögen. Allein wir würden damit mehr die urtheilende Thätigkeit studiren, während wir der Beziehung des Sinneseindruckes zum materiellen Vorgang näher kommen, wenn wir das Zustandekommen des ersteren bis an seine Grenzen verfolgen. Ich hatte mir deshalb die Aufgabe gestellt, zu ermitteln, wie gross eine passive Bewegung sein müsse, um als solche gefühlt zu werden. Im Verlaufe der Untersuchungen stellte sich die Nothwendigkeit heraus, gleichzeitig auch die Frage zu erledigen, mit welcher Geschwindigkeit eine passive Bewegung verlaufen müsse, um als solche gefühlt zu werden.

Ein nothwendiges Grundprincip nun bei der Untersuchung aller Leistungen des Muskelsinnes scheint mir darin gelegen zu sein, dass die verschiedenen Gliedabschnitte gesondert betrachtet werden. Diese Forderung ist, abgesehen davon, dass eine Analyse der Erscheinungen dieselben auf die einfachste Form reduciren muss, schon eine nothwendige Folgerung aus der oben gemachten Eintheilung in den physiologischen und mechanischen Vorgang; denn beim Studium des letzteren ist von jedem activen Zusammenhange der Gliedabschnitte abzusehen, sind letztere lediglich als physikalische segmentäre Körper zu betrachten. Dies kann nicht anders geschehen, als dass Segment für Segment, Gelenk für Gelenk in den Versuchskreis gezogen wird. Die passive Bewegung ist so auszuführen, dass sie nur ein Gelenk betrifft und dass die Haltung sowohl des ruhenden wie des bewegten Theiles, insoweit das zu prüfende Gelenk betroffen wird, möglichst ohne Betheiligung activer Muskelkraft hergestellt wird.

Es handelt sich also darum, zu ermitteln, wie gross die Winkeldrehung sein müsse, um uns ein Gefühl der Bewegung zuzuführen. Bereits die ersten vorläufigen Versuche zeigen aber, dass es unerlässlich ist, die Geschwindigkeit zu berücksichtigen, und da die Empfindung mit zunehmender Geschwindigkeit deutlicher zu werden scheint, so wird es, um das bei einem Optimum der Geschwindigkeit fühlbare Minimum der Drehung zu constatiren, empfehlenswerth sein, die Geschwindigkeit möglichst gross zu machen.

Die Untersuchungen erstreckten sich zunächst auf die Fingergelenke und führten zu Ergebnissen, welche bereits in einer vorläufigen Mittheilung,[1]

[1] Ueber die Grenzen der Wahrnehmung passiver Bewegungen. *Centralblatt für Physiologie.* 1887. N. 10.

sowie in der citirten Arbeit: „*Ueber den Muskelsinn und die Theorie der Ataxie*“ niedergelegt sind. Aus praktischen Gründen wurde zu den Versuchen der linke Zeigefinger gewählt. Da zuerst das zwischen Grund- und Mittelphalanx gelegene — erste — Interphalangealgelenk geprüft wurde, so möge das benutzte Verfahren mit specieller Anwendung auf dieses Gelenk beschrieben werden, wobei ich die ersterwähnte Mittheilung citire: Die erste Phalanx des linken Zeigefingers wurde auf einer hierzu hergestellten Gypsform, auf welcher die ganze Hand ruhte, fixirt und eine eng anliegende dicke Gummihülse über die beiden letzten Phalangen geschoben. Diese Hülse war von einem breiten festen Bande eng umschlossen, welches von einer darüber befindlichen, in einem guten Axenlager gehenden Aluminiumrolle von 10 ^{cm} Durchmesser senkrecht herabhing, derart, dass die Längsrichtung des Fingers die Drehungsebene der Rolle rechtwinkelig kreuzte. Zwischen Rolle und Finger war zugleich an dem Bande ein Schreibhebel befestigt, welcher auf der der Rolle entsprechenden Seite in einem festen Lager eingelenkt war und sich in der Ebene der Rolle bewegte. Gegenüber diesem ersten Bande hing ein zweites von der Rolle herab, welches ein Korkbrettchen trug. Durch kleine Gewichte, welche an letzterem, sowie an der Fingerhülse angebracht waren, wurden die beiderseitigen Apparate aequilibrirt und die Bänder in Spannung gehalten. Sodann wurden durch eine auf die Korktafel gelegte Bleiplatte die beiden letzten Phalangen derartig in der Schwebe gehalten, dass sie ohne irgend eine Muskelanstrengung in einer zur ersten Phalanx leicht gekrümmten, und zwar horizontalen Haltung verharrten. Von einem darauf eingeübten Gehülfen wurden nun kleine Zusatzgewichte auf die Bleiplatte gelegt und wieder abgehoben und hierdurch passive Locomotionen des Halbfingers nach oben und unten ausgelöst, welche sowohl nach Grösse wie Geschwindigkeit der Bewegung abstufbar waren und deren Verlauf durch den Schreibhebel auf die berusste Trommel übertragen wurde. Das zur Aequilibrirung des Halbfingers nöthige Gewicht wurde empirisch ermittelt und betrug 20 bis 40 ^{grm}. Es ist zu bemerken, dass bei längerer Fortsetzung der Versuche, durch Nachlass im Tonus der Strecker, der Finger zu sinken beginnt und deshalb das Gewicht vermehrt werden muss. Durch Einübung des Gehülfen gelang es, die Bewegung so gleichmässig zu machen, dass auch bei schneller Rotation der Trommel dieselbe durch einen gleichmässig schräg ab- oder aufwärts gehenden Strich angezeigt wurde. Die Fixirung der ersten Phalanx, welche in einer tief in den Gyps eingeschnittenen, von hinten nach vorn leicht ansteigenden Rinne lag, wurde dadurch vervollständigt, dass dieselbe mittelst eines mit Gummi umkleideten eisernen Armes, welcher in einem Stativ verstellt werden konnte, heruntergedrückt wurde; später wurde derselbe meist durch den Finger eines Gehülfen ersetzt. Die Zusatzgewichte be-

standen, um störende Geräusche auszuschalten, aus kleinsten, mit Schrot gefüllten Leinwandsäckchen und aus Bleistücken, welche mit Tuch beklebt waren. Späterhin wurde, um den Druck noch zu verstärken, über die Gummiumhüllung noch eine Metallhülse geschoben, welche an der oberen Seite offen und dort durch eine verschieden stark anzuziehende Schraube zu schliessen war. Auch die Auslösung der Bewegung wurde im weiteren Verlauf der Versuche, namentlich da beim Handgelenk die Gewichtsmethode nicht mehr ausreichte, in anderer Weise bewerkstelligt, nämlich mittelst einer hölzernen, eingelenkten Klappe, mit welcher durch Rollenübertragung der zu bewegende Gliedabschnitt verbunden war. Die Klappe wurde vom Gehülfen in verstellbaren Abständen bewegt, welche durch Vorstecker, zur Dämpfung des Geräusches mit Gummi bekleidet, bezeichnet waren. Mittelst dieser Vorrichtung wurden die bereits mittelst der Gewichtsmethode geprüften Gelenke noch einmal controlirt, um einen etwaigen Einfluss des einen oder anderen Verfahrens kennen zu lernen und auszuschalten, — ein solcher stellte sich aber übrigens nicht heraus.

Nach jeder ausgelösten Locomotion wurde von mir bemerkt, ob dieselbe als Bewegung gefühlt worden war oder nicht Zugleich wurden auf Grund dieser Wahrnehmungen die je folgenden Locomotionen durch an den Gehülfen ertheilte Anweisungen möglichst so eingerichtet, dass die Empfindungen sich an der Grenze des Merklichen hielten, d. h. gerade eben nur ein Erkennen der Bewegung gestatteten. Im Anfange beschränkte ich mich darauf, neben den eben merklichen Bewegungen die besonders deutlichen Empfindungen der Bewegung hervorzuheben. Aber das Bestreben, für das Erkennungsvermögen der Bewegungen die Grenzen aufzusuchen, führte dahin, die Locomotionen unter das Maass des Merklichen zu verkleinern. Hierbei ergab sich, dass bei ausserordentlich kleinen Verschiebungen überhaupt nichts gefühlt wurde und dass bei einer gewissen Vergrösserung derselben nicht sofort aus dem Nichts ein Bewegungsgefühl hervorging, sondern eine eigenthümliche, im Gelenk localisirte, nicht näher zu charakterisirende Empfindung, welche ich als „indifferente Sensation“ bezeichnen will, entstand. Diese Sensation hatte an und für sich noch nichts an sich, was die Vorstellung einer Bewegung erweckte, ging dann aber bei noch weiterer Vergrösserung der Locomotion in die Bewegungsempfindung über, nachdem sie zuvor ein Stadium passirt hatte, in welchem neben der eigenthümlichen indifferenten Sensation das Gefühl des Bewegtwerdens angedeutet, aber noch zweifelhaft und undeutlich war. Diese verschiedenen Erscheinungsweisen der Empfindung waren zu bezeichnen, und es geschah dies durch dieselben Signaturen, welche auch in den beigelegten tabellarischen Zusammenstellungen der Ergebnisse zur Verwendung gelangt sind. Unter diesen bezeichnet 0 diejenige Kategorie von

Bewegungen, bei welcher überhaupt keine Empfindung entstand, ? diejenige, bei welcher es zu jener indifferenten, noch nicht als Bewegnng interpretirten Empfindung kam, *m* die eben merklichen und *m!* die ganz besonders deutlichen Empfindungen der Bewegung; *m?* aber bedeutet jene Klasse, bei welcher die indifferente Sensation sich so sehr dem Bewegungsgefühl nähert, dass es zweifelhaft, ob die Empfindung den *m* oder den ? zuzurechnen ist. Bei den späteren Untersuchungen zeigte sich diese Classificirung noch nicht als ausreichend und es wurden gewisse Empfindungen, welche zwischen der bloss indifferenten Sensation und der zweifelhaften Bewegungsempfindung standen, mit *?m*, gewisse andere, welche selbst die indifferente Empfindung nur angedeutet enthielten, mit *o?*, endlich solche, welche die Vorstellung einer erheblichen Bewegung erregten, mit *!* bezeichnet.

Mit allen diesen verschieden abgestumpften Sensationen verknüpfte sich nun in mehr oder weniger hohem Grade ein Druckgefühl, welches dort entsteht, wo der Impuls den Gliedabschnitt angreift. Durch den von dem zu bewegenden Theile geleisteten Widerstand wird eine Druckwirkung auf die Haut und die gesammten Gewebe vom Angriffspunkte der bewegenden Kraft ausgeübt. „Ich suchte die Druckwirkung dadurch abzuschwächen, dass ich einen erheblichen Anfangsdruck auf den Finger an der Angriffsstelle der Bewegung setzte. Die Gummihülse schwächte den Druck des Fadens nicht blos dadurch ab, dass sie ihn auf einen grösseren Abschnitt des Fingers vertheilte, sondern constringirte auch den letzteren erheblich. Noch stärker war die Druckwirkung unter der Metallhülse, deren Schraube mittelst Kornzange sehr fest angezogen wurde, so dass eine gewisse Vertaubung der Fingerspitze eintrat. Durch diesen starken Anfangsdruck sollte dasselbe erreicht werden, was E. H. Weber in seinen Versuchen über den Kraftsinn anstrebte, indem er das die Gewichte enthaltende Tuch sehr fest zusammenpresste, d. h. derselbe sollte so intensiv sein, dass ein Zuwachs derselben erst gefühlt werden würde, wenn er eine im Verhältniss zu jenem genügende Stärke erlangt hätte. Diese Constriction hatte noch eine andere Nebenwirkung, welche vielleicht viel mehr leistete als die eben besprochene, nämlich eine Abstumpfung der Sensibilität, welche sich nach einiger Zeit einstellte. Dieselbe war so bedeutend, dass unmittelbar nach Entfernung der Hülse an der betreffenden Stelle leichte Berührungen überhaupt nicht gefühlt wurden, was bei der hervorragenden Tastempfindlichkeit des Zeigefingers schon viel sagen will.“[1] Immerhin konnte die Druckempfindung nicht gänzlich behoben werden und störte das Auffassen des Bewegungsgefühls; dies war namentlich bei den nach oben gerichteten Bewegungen,

[1] A. a. O. S. 95.

den Hebungen, der Fall, während bei den Senkungen das Bewegungsgefühl ungleich deutlicher hervortrat. Die Druckempfindung und ebenso ihr störender Einfluss war nicht bei allen Versuchsserien in gleicher Weise vorhanden und dementsprechend machte sich der Unterschied zwischen Hebungen und Senkungen bezüglich der Deutlichkeit der Empfindung nicht überall geltend. Wo derselbe stärker hervortrat, wurden die auf- und abwärts gerichteten Bewegungen je für sich betrachtet und die Ergebnisse getrennt zur Darstellung gebracht (s. Tabellen). Bei den später zu behandelnden grösseren Gliedabschnitten trat ausser dieser localen Druckempfindung hin und wieder, ebenfalls und zwar hier lediglich bei der Aufwärtsbewegung, ein Gefühl der Erschütterung auf, welches sich über ein grösseres Gebiet des Gliedabschnittes ausbreitete, auch wohl den ganzen Bereich desselben einzunehmen schien. Die Druckempfindung sowohl wie das letztgenannte Gefühl der Erschütterung trübten die Auffassung der Bewegungsempfindung und führten dadurch, dass sie nicht bei allen Versuchsserien in gleicher Weise vorhanden waren, gewisse Schwankungen der Ergebnisse herbei, insofern bei einem stärkeren Hervortreten dieser störenden Sensationen das Bestreben, die Bewegungsempfindung trotz derselben deutlich zu machen, zu einer Vergrösserung der vorzunehmenden Locomotionen und damit zu grösseren Werthen des eben merklichen Drehungswinkels führte. Die Druckempfindung knüpft sich nämlich hauptsächlich an den Anfang der Bewegung, welcher das Ueberwinden des trägen Widerstandes bezeichnet; somit liegt die Schwelle der Druckempfindung bezüglich der zu ihrer Erzeugung nöthigen Verschiebung tiefer als diejenige der Bewegungsempfindung, d. h. es genügt zu ihrer Production ein geringerer Winkelausschlag des zu drehenden Gliedsegmentes als zu derjenigen der Bewegungsempfindung. „In einigen Versuchsreihen am zweiten Interphalangealgelenk wurde hierfür der zahlenmässige Beweis erbracht, dessen Daten in folgender Zusammenstellung enthalten sind:

	Durchschnittlicher Winkel der Gelenk-Excursion
Ueberhaupt nicht gefühlt	0·78°
Nur Druck gefühlt	0·86°
Druck und Bewegung gefühlt, jedoch mit Vorwalten der Druckempfindung	1·19°
Bewegung und Druck gefühlt, jedoch mit Vorwalten der Bewegungsempfindung[1]	1·27°

Hieraus geht hervor, dass mit der Vergrösserung der Excursion die Druckempfindung gegenüber der Bewegungsempfindung mehr und mehr zurücktritt und dass die letztere vielleicht schon bei einem kleineren Drehungs-

[1] A. a. O. S. 96.

winkel deutlich sein würde, wenn sie nicht durch das Druckgefühl beeinträchtigt würde.

Bezüglich der im Folgenden näher zu besprechenden Ergebnisse ist zu bemerken, dass die vom Schreiber auf der Trommel verzeichneten Ausschläge unter Berücksichtigung der durch die Hebelarm-Verhältnisse des Schreibers gesetzten Vergrösserung und der Entfernung des Angriffspunktes am Gliede vom Drehpunkt des in Frage kommenden Gelenkes in Winkeldrehungen des letzteren umgerechnet wurden, wobei die rechnerisch gefundene Vergrösserung auch durch zweckmässig angestellte directe Beobachtungen bestätigt wurde. Die Berechtigung dazu, die so berechneten Winkel der Excursion als das maassgebende hinzustellen, wird später gegenüber einem dort näher auszuführenden Bedenken nachgewiesen werden. Die Winkel werden nicht nach der Minuten- und Secundeneintheilung, sondern in Decimalen angegeben werden, weil dies die Uebersichtlichkeit fördert. Es ist endlich anzuführen, dass der bisher und im Folgenden gebrauchte Ausdruck „Bewegungsempfindung" gleichfalls später seine Begründung erhalten wird.

Vor der Darlegung der Zahlenwerthe ist noch erforderlich, klarzustellen, in welcher Weise die Ergebnisse der einzelnen Bewegungsversuche zu verwerthen sind. Bereits oben wurde angedeutet, dass nicht jede geringste Veränderung der Lage des Gliedabschnittes schon eine Bewegungsempfindung erzeugt; vielmehr lehrt gleich der erste Versuch, dass letztere sich erst bei einer gewissen Grösse der Locomotion einstellt. Die Frage geht nun dahin, zu ermitteln, wie beträchtlich die Winkeldrehung sein müsse, um ein eben merkliches Bewegungsgefühl zu verursachen. Der natürlich gebotene Weg war, einerseits sehr kleine Bewegungen allmählich so weit zu vergrössern, bis Bewegungsempfindung eintrat, andererseits dieselben wieder so weit zu verkleinern, bis die Bewegungsempfindung verschwand. Um ferner die Sicherheit des Erfolges bei der als merklich erkannten Excursion zu prüfen, wurde dieselbe dann des öfteren wiederholt, wobei sich gewöhnlich noch kleine unbeabsichtigte Schwankungen in der Grösse des erzielten Ausschlags einstellten (s. S. 380). Nun braucht eine eben-merkliche Empfindung keineswegs immer von derselben Intensität zu sein. Es wurden deshalb, um die Kategorie der als eben merklich zu bezeichnenden verschiedenen Empfindungsintensitäten nach oben hin abzugrenzen, diejenigen Empfindungen, welche die Vorstellung des Bewegtseins besonders deutlich erweckten, für sich bezeichnet (mit *m!*) und solchergestalt von den eben merklichen geschieden. Allein auch dann wird noch eine gewisse Breite von verschieden abgestuften Empfindungsintensitäten übrig bleiben, welche sämmtlich in die Kategorie der eben merklichen fallen. Ist nun das Vorgehen bei den einzelnen Versuchsserien ein ähnliches und die Ver-

suchszahl von genügender Grösse, so wird man annehmen können, dass die Schwankungen der als eben merklich erkannten Empfindungsintensitäten in solchem Sinne wiederkehrende sind, dass das arithmetische Mittel der sämmtlichen in diese Kategorie fallenden Excursionen als vergleichbares Maass angesehen werden kann. Wir werden daher sagen dürfen, dass bei dieser oder jener durchschnittlichen Winkelgrösse eine eben merkliche Bewegungsempfindung vorhanden ist. Eine entsprechende Bedeutung hat der arithmetische Mittelwerth natürlich auch bei den anderen Kategorien der Empfindung, soweit für diese die genannten Voraussetzungen zutreffen. Allein die Frage nach dem Grenzwerth der Winkeldrehung, bei welchem die Bewegungsempfindung überhaupt eintritt, wird durch den Mittelwerth nicht gelöst. Man könnte vielleicht, von der Annahme ausgehend, dass die zweifelhaften (m?) Bewegungsempfindungen ebenso weit unterhalb der „Schwelle" bleiben, wie die eben merklichen oberhalb derselben, das arithmetische Mittel aus den als zweifelhaft (m?) und den als eben merklich (m) bezeichneten Winkelexcursionen als Maassausdruck für den geforderten Grenzwerth ansehen wollen. Allein die m? und m sind sehr häufig innerhalb einer Serie von sehr ungleicher Anzahl und die später eingehender zu berücksichtigende Geschwindigkeit bildet nicht selten einen so maassgebenden Unterschied zwischen den beiden genannten Kategorien, dass dies summarische Verfahren zu wenig die Schattirungen der Verhältnisse des Einzelversuchs berücksichtigen würde. Wir werden deshalb die einzelnen ausgeführten Bewegungen, speciell der eben merklichen Kategorie, betrachten und untersuchen, bei welcher Grösse derselben der Erfolg, d. h. die merkliche Bewegungsempfindung, mit genügender Sicherheit eintritt. Offenbar nämlich werden die kleinsten eben merklichen Bewegungen noch nicht als dem gesuchten Grenzwerth entsprechend anzusehen sein, wenn dieselben mit relativ grösserer Häufigkeit als unsicher (?) oder zweifelhaft (m?) gefühlt worden sind. Als rationeller Ausdruck des „Schwellenwerthes" der Winkeldrehung wird vielmehr diejenige erscheinen, welche ebenso oft merklich als zweifelhaft gefühlt wird. Wir werden daher die Einzelwerthe der eben merklichen Kategorie nach der relativen Sicherheit des Erfolges hin untersuchen und denjenigen als Schwellenwerth bezeichnen, welcher, unter entsprechender Berücksichtigung der erheblicheren Verschiedenheiten der Geschwindigkeit, mit mindestens 50 Procent seiner Häufigkeit in der genannten Kategorie vertreten ist, wobei unter Häufigkeit sein Vorkommen in der Serie überhaupt verstanden wird. Zu diesem Behufe werden wir die ganze Reihe der erhaltenen Einzelwerthe je einer Serie in kleine Gruppen theilen und ermitteln, wie viele der in jeder Gruppe enthaltenen Werthe merklich und untermerklich gewesen sind. Unter den vollkommensten Verhältnissen werden wir einen Grenzwerth

finden, unterhalb dessen sämmtliche Excursionen untermerklich, und ebenso einen Grenzwerth, oberhalb dessen sämmtliche merklich sind. In dem Zwischenraum zwischen beiden werden wir von Gruppe zu Gruppe ein Abnehmen der relativen Häufigkeit der untermerklichen und ein Zunehmen derjenigen der merklichen Werthe constatiren können. Den Schwellenwerth werden wir im Bereiche derjenigen Gruppe annehmen, deren Einzelwerthe ebenso oft merklich wie untermerklich ausgefallen sind. Natürlich muss die Anordnung und Zahl der in einer Gruppe enthaltenen Werthe eine derartige sein, um Schlussfolgerungen zu gestatten, und wir werden die Gruppentheilung deshalb für jede Serie individuell und möglichst zweckmässig gestalten. Ob wir überhaupt berechtigt sind, von einer „Schwelle“ der Bewegungsempfindung zu sprechen und ob es sich hierbei wirklich um eine „Reizschwelle“ oder um eine „Unterschiedsschwelle“ handelt, wird später bei der Besprechung der Bewegungsempfindung selbst zu erörtern sein. Bis dahin möge der Ausdruck lediglich als Mittel der Verständigung gestattet sein. Auch bei den arithmetischen Mittelwerthen der einzelnen Kategorien ist die relative Anzahl der in jene fallenden Einzelversuche procentisch angegeben. Dies soll zunächst das Bild von dem Ausfall der Serie vervollständigen. Weiterhin wird das Gewicht des Resultates wesentlich dadurch bestimmt, mit welcher absoluten Häufigkeit es erzielt worden ist, welche letztere aus der Procentzahl in Verbindung mit der hinter der Seriennummer angegebenen Versuchszahl entnommen werden kann. Endlich ist die relative Häufigkeit der eben merklichen im Vergleich zu derjenigen der zweifelhaften Empfindungen, auch der unsicheren, von Bedeutung, sofern man gleichzeitig die Mittelwerthe dieser Kategorien in Beziehung zu einander setzt. Je näher sich die Excursionen an dem Grenzwerth der eben merklichen gehalten haben, desto geringer wird die relative Häufigkeit der eben merklichen Kategorie im Verhältniss zu derjenigen der als zweifelhaft empfundenen Excursionen sein; je mehr sie sich über ihn hinaus entfernt haben, desto häufiger wird umgekehrt der Erfolg eingetreten sein. Man wird deshalb aus dem Häufigkeitsverhältniss der merklichen und untermerklichen Excursionen mit einer gewissen Annäherung auf den Schwellenwerth schliessen können, falls die Mittelwerthe nicht allzusehr von einander differiren. — Die Untersuchungen erstreckten sich durchweg auf Gliedmaassen der linken Körperhälfte.

Ergebnisse.

Zweites Interphalangealgelenk.

Das zweite Interphalangealgelenk des linken Zeigefingers wurde in entsprechender Weise geprüft, wie es oben vom ersten Interphalangealgelenk,

dem überhaupt zuerst zur Untersuchung gelangten, beschrieben worden ist, nur dass natürlich hier die beiden central gelegenen Phalangen gestützt und fixirt wurden. Es wurden sechs Versuchsserien mit insgesammt 240 Einzelbewegungen angestellt und zwar fünf derselben bei annähernd gestreckter Haltung des Nagelgliedes, eine bei halb gebeugter Haltung. Die mittlere Phalange befand sich bei letzterer Serie zur Grundphalange durch passive Fixirung in Streckstellung, was bekanntlich activ bei Beugung der Nagelphalanx nicht zu erreichen ist. Die letztere selbst war auch bei gebeugter Haltung horizontal gerichtet, indem der Finger schräg aufsteigend gelagert war, da bei geneigter Lage des zu bewegenden Gliedsegments die Beziehungen des Schreiberausschlages zur Locomotion des Gliedes sich ändern würden. Dass den zur Ausrechnung verwandten Versuchen eine entsprechende Einübung des Gehülfen behufs Auslösung möglichst gleichmässiger und auch nach ihrer Geschwindigkeit möglichst ähnlicher Bewegungen voranging, was sich durch die rotirende Trommel controliren liess, ist bereits oben berichtet. Gemessen wurde die Geschwindigkeit beim zweiten Interphalangealgelenk nicht; es ist jedoch aus dem eben angeführten Grunde und weil die Versuche an diesem Gelenk auf diejenigen am ersten Interphalangealgelenk und Metacarpophalangealgelenk folgten, anzunehmen, dass die Geschwindigkeitsverhältnisse denjenigen an den letztgenannten Gelenken entsprechend gewesen sind, über welche nachher zu berichten sein wird.

Tabelle I.[1]

Zweites Interphalangealgelenk.

	Annähernd gestreckte Haltung					Gebeugte Haltung
	I (49)	II (56)	III (41)	IV (31)	V (21)	VI (42)
0	1·02° 29%	1·03° 14%	1·30° 12%	1·22° 6%	0·99° 14%	1·08° 12%
?	1·53° 30%	1·75° 19%	1·33° 14%	1·16° 6%	1·34°(1)4%	1·48° 12%
m?		1·64° 9%		0·87°(1)3%	1·34°(1)4%	1·60° 4%
m	1·86° 40%	1·83° 55%	1·46° 70%	1·31° 77%	1·13° 76%	1·51° 69%
m!		2·89°(1)2%	1·92°(1)2%	1·89° 6%		2·21° (1) 2%

Die *m*-Mittelwerthe der fünf Serien der gestreckten Haltung zeigen ein fortschreitendes Abnehmen von der ersten bis zur letzten Serie:

[1] Bemerkung zu den Mittelwerthstabellen. Die römische Ziffer bedeutet die Nummer der Serie, die arabische die Anzahl der in jeder Serie enthaltenen Einzelversuche. Die erste Columne enthält den Durchschnittswerth des Excursionswinkels für jede Empfindungskategorie, die zweite die relative Anzahl der unter die betreffende Kategorie fallenden Einzelversuche; die dritte (*D*) die durchschnittliche Dauer der Bewegungen; die vierte (*G*) die durchschnittliche Geschwindigkeit eben derselben.

1.86° — 1·83° — 1·46° — 1·31° — 1·13°. Man könnte zunächst meinen, dass bei den ersten an Versuchen reicheren Serien Ermüdung eingetreten und dadurch das Resultat verschlechtert sei. Allein die Anordnung der Einzelwerthe in diesen Serien zeigt eher ein Abnehmen der Grösse derselben zum Ende hin als ein Wachsen. Von Wichtigkeit für das Verständniss dieser Differenzen ist es, die Breite der Schwankungen der eben merklichen Werthe zu betrachten. Dieselbe beträgt bei der

1. Serie: 0·85—3·30°
2. „ 1.12—3.64°
3. „ 1·04—2·08°
4. „ 0·92—1·95°
5. „ 0·69—1.61°

Die Breite der Schwankungen nimmt somit gleichfalls Serie für Serie, wenigstens nahezu, ab, und zwar wesentlich durch Einschränkung von oben her. Dies entspricht vollständig dem psychologischen Vorgang in dem Versuchs-Individuum. Die ersten Serien haben gewissermaassen einen einführenden Charakter; die nothwendige Grösse der auszulösenden Locomotion ist noch ganz unbekannt und es werden daher Excursionen von sehr differenter Grösse vorgenommen, um auf Grund der zu sammelnden Erfahrungen weiterhin bestimmtere Anweisungen bezüglich der zu wählenden Ausschlagsweite geben zu können. Hierbei ist noch ein besonderes Moment wirksam: die Empfindung der Bewegung eines einzelnen Gliedsegmentes für sich bei Fixirung der benachbarten ist für uns etwas ungewohntes; soll nun diese Empfindung bis zur Grenze ihrer Merklichkeit verfolgt werden, so stellt sich zunächst das Bedürfniss ein, dieselbe in ihrer vollen Deutlichkeit kennen zu lernen und sich dadurch ihre Charaktere fest genug einzuprägen, um weiterhin dieselben bei abnehmender Deutlichkeit immer noch herausfühlen zu können. Es handelt sich darum, für das Stadium, wo die Bewegungsempfindung zweifelhaft wird, die Perception zu schärfen, indem man sich zunächst die Merkmale in ausgeprägter Deutlichkeit zuführt. Wir werden diesem Vorgang noch öfter begegnen, weil die Bewegungsempfindung, wenn auch an sich überall dieselbe, doch durch die jeweiligen Verhältnisse der Lagerung, Fixirung und Isolirung so beeinflusst wird, dass die Auffassung derselben an den verschiedenen Prüfungsstellen gewissermaassen individuell ist. Nachdem auf diese Weise sowohl bezüglich der Wahl der Locomotionsgrösse wie der Auffassung der Bewegungsempfindung gewisse Erfahrungen gesammelt sind, werden weiterhin unnöthig grosse Excursionen vermieden; dieselben halten sich vielmehr möglichst in der Nähe des Schwellenwerthes, wodurch die Breite der Schwankungen in der beschriebenen Weise von oben her eingeengt wird, und es herrscht

nunmehr das Bestreben vor, mittelst der eruirten Locomotionsamplitude möglichst oft, unter nur geringen Variationen, eine Bewegungsempfindung hervorzurufen. Man könnte jene ersten Serien zweckmässig als explorative, diese folgenden als affirmative bezeichnen. Die Variationen der Bewegungen wurden in der Weise herbeigeführt, dass nach jeder einzelnen Excursion dem Gehülfen meinerseits durch das Sprachrohr Anweisung gegeben wurde, ob er die nächstfolgende ebenso ausführen oder ob er die Anschläge weiter oder enger stellen, resp. die Geschwindigkeit grösser oder geringer machen sollte. Da wir die Ergebnisse jeder Serie für sich betrachten, also dieselben nicht zu einem Gesammtresultat verschmelzen, so erscheint es auch nicht erforderlich, die explorativen Serien wegzulassen; vielmehr vervollständigen dieselben, abgesehen davon, dass sie einen Einblick in den psychologischen Vorgang der sinnlichen Abrichtung gewähren, die Ergebnisse insofern, als sie dieselben nach oben hin begrenzen.

Wenn wir die Mittelwerthe der unsicheren (?) Kategorien der beiden ersten Serien mit den späteren Ergebnissen vergleichen, so finden wir, dass Excursionen von durchschnittlich 1·53⁰ bezw. 1·75⁰, noch dazu in nicht allzu geringer Anzahl, dort als unsicher bezeichnet worden sind, während in Serie 3—5 kleinere Excursionen als merklich gefühlt wurden, und wir werden dies dahin auslegen, dass in der That die Auffassung der Bewegungsempfindung im Verlaufe der Versuche sich verfeinert hat. Dafür spricht auch das Verhalten der nunmehr zu ermittelnden Schwellenwerthe. —

Serie I: Es wurden Excursionen unter 1·36⁰ im Ganzen 26 ausgeführt, von denen nur fünf merklich waren. Dagegen Excursionen im Betrage von 1·32—1·56⁰ kamen neun vor, von denen fünf merklich waren; weiterhin stellt sich das Verhältniss noch erheblich besser. Der Schwellenwerth ist demnach, unter Berücksichtigung, dass innerhalb dieser Breite ein bestimmter Werth nicht vorherrscht, bei 1·44⁰ anzunehmen. Es ist zu bemerken, dass die Genauigkeit der Bestimmung in Folge der kurzen Hebelarme des Gliedes gegenüber den späteren Versuchen sehr absticht. Dieselbe beträgt beim zweiten Interphalangealgelenk nur 0·11—0·14⁰, d. h. diese Beträge bilden die Minimaldifferenzen, um welche sich die Ergebnisse der Einzelversuche je unterscheiden können. Eben so gross ist demnach auch die Fehlerbreite jedes einzelnen Resultates. Diese Grenze entspricht einer Messung des Schreiberausschlages bis zu halben Millimetern. In einer nicht geringen Zahl von Versuchen kam allerdings eine noch feinere Ablesung und Berechnung zur Ausführung; jedoch möchte ich der allzu scharfen Zuspitzung der zahlenmässigen Ergebnisse unter diesen Verhältnissen keinen wirklichen Werth beimessen.

Serie II: Die Excursionen unterhalb 1·12⁰ waren sämmtlich (fünf) untermerklich. Solche von 1.12—1·40⁰ wurden 13 ausgeführt, von denen sechs merklich waren. Dieselben waren meist von 1·26⁰ Grösse. Da das Ergebniss sich weiterhin noch günstiger gestaltet, so ist dieser Werth als Schwellenwerth zu betrachten.

Serie III: Excursionen unter 1·04° wurden nur eine ausgeführt, welche untermerklich war. Im Betrage von 1·04—1·30° kamen 15 vor, von denen 11 merklich waren. Der Schwellenwerth ist bei 1·17° zu setzen.

Serie IV: Excursionen von 0·92—1·03° kamen fünf vor, wovon zwei merklich. Grössere bis 1·15° incl. dagegen neun, von denen sieben merklich. Letztere fallen fast sämmtlich auf den Werth 1·15°, welcher daher als Schwellenwerth anzusehen ist.

Serie V: Excursionen von 0·69—0·92° kamen vier vor, wovon zwei merklich, zwei = 0. Dieser Gegensatz ist zu gross, um den betreffenden Werthen eine für den Schwellenwerth genügende Sicherheit beizumessen. Ausschläge über 0·92—1·15° waren elf vorhanden, welche sämmtlich merklich sind. Da von diesen vier bereits auf den Werth 1·03° fallen, so ist dieser als Schwellenwerth zu betrachten.

Die ermittelten Schwellenwerthe: 1·44° — 1·26° — 1.17° — 1·15° — 1·03° zeigen somit gleichfalls eine zunehmende Verkleinerung, welche am natürlichsten in der oben ausgeführten Weise auf die Uebung zu schieben ist. Freilich könnten die Geschwindigkeitsverhältnisse, deren Bedeutung aus den späteren Erörterungen hervorgehen wird, verschiedenartig gewesen sein. Allein es ist kaum anzunehmen, dass in dieser Beziehung einflussreiche Differenzen geherrscht haben, weil eine Einübung vorangegangen war und weil diejenigen Bewegungen, deren Geschwindigkeit mir auffallend hinter dem gewöhnlichen Maass zurückzubleiben schien, sofort bezeichnet wurden und aus der Rechnung fortblieben. Sie zeigen übrigens erheblich grössere Werthe, als die bis jetzt betrachteten sind, sollen aber nicht besonders referirt werden, da das Maass der Geschwindigkeit nicht genauer angegeben werden kann. Im Uebrigen sind die Differenzen der Schwellenwerthe, namentlich der vier letzten Serien, immerhin sehr geringe, da nach der obigen Ausführung die Fehlerbreite jedes Werthes nicht weniger als 0.11—0·14° beträgt. In Serie V ist die relativ grosse Sicherheit des Erfolges bei den merklichen Excursionen (76 $^0/_0$) bemerkenswerth, obwohl der Mittelwerth hart an den Schwellenwerth grenzt und sich nur wenig vom 0-Mittelwerth unterscheidet.

Die VI. Serie, welche bei gebeugter Haltung des Nagelgliedes aufgenommen wurde, hat einen m-Mittelwerth von 1·51° ergeben. Die Einzelwerthe der eben merklichen Bewegungen zeigen hier wieder, offenbar im Zusammenhang mit der Lageveränderung, eine grössere Breite der Schwankungen, nämlich von 0·80—2·30°. Jedoch steht der Schwellenwerth vollkommen mit den bei gestreckter Haltung ermittelten in Uebereinstimmung, wie folgende Darlegung zeigt.

Excursionen von 0·80—0·92° kamen drei vor, von denen eine merklich war. Oberhalb 0·92—1·15° ereigneten sich sieben Ausschläge, von denen fünf merklich waren, letztere bis auf einen in der Höhe von 1·15°. Hiernach ist letzterer als Schwellenwerth zu betrachten.

Demnach ergeben die gestreckte und gebeugte Haltung des Nagelgliedes bezüglich der Bewegungsempfindung conforme Resultate.

Erstes Interphalangealgelenk.

An diesem Gelenk wurden 398 Versuche in 14 Serien vorgenommen. Die Anordnung der Versuche, — welche überhaupt den Beginn der gesammten Untersuchungen bildeten, — ist oben beschrieben worden. Die Gelenklage war stets dieselbe, nämlich eine leicht gebeugte, wie sie gerade am bequemsten ist, so zwar, dass der zu bewegende peripherische Halbfinger horizontal gerichtet war. Die ersten Serien (I—VI, sowie XIV) wurden im Sommer 1887, die späteren Serien im Herbst 1887 angestellt, ebenso wie die vorher besprochenen Untersuchungen am II. Interphalangealgelenk. Wie sich zeigen wird, sind die Resultate dieser beiden Perioden nicht besonders übereinstimmend. Ich habe in dieser Beziehung schon hervorgehoben (in der mehrfach citirten Arbeit), dass diese Unterschiede auf eine Veränderung der Ansprüche an die Deutlichkeit zurückzuführen sind. Der Vorgang beim jeweiligen Beginn der Untersuchungen an einem Gelenk spielt sich, wie oben ausgeführt wurde, so ab, dass man sich zunächst die ausgeprägte Qualität der Bewegungsempfindung durch ausgiebigere Locomotionen zuführt, und weiterhin dann diese Qualität bis an die Grenzen ihrer Erkennbarkeit verfolgt. Man kommt hierbei gleichsam mit sich selbst überein, eine gewisse Empfindungsstärke noch als merklich zu bezeichnen, in welcher die vorher percipirte und als Erinnerungsbild behufs Vergleichung mit den jetzt erfolgenden schwächeren Empfindungen aufbewahrte Bewegungsempfindung genügend enthalten zu sein scheint. Das Maass des Vertrauens nun, welches man der Identität dieser abgeschwächten Empfindung mit der wirklichen Bewegungsempfindung zuwendet, der Anspruch an das „genügend“, sind nicht absolut feststehend. Ich war den ersten Versuchen gegenüber naiv, bei der späteren Wiederaufnahme derselben aber skeptisch, und zwar, weil es mir Bedenken erregte, dass so ungemein kleine Verschiebungen, bei denen ich weniger die Winkelgrösse, als den Ortswechsel der Oberflächentheile der Fingerglieder, z. B. der Fingerspitze, im Auge hatte, noch durch etwas anderes als den Drucksinn sollten wahrgenommen werden. Ich erklärte daher viele Ausschläge, welche ich früher als merklich bezeichnet hätte, noch für zweifelhaft, was sich dadurch objectiv kundgiebt, dass sich bei den Serien der zweiten Periode in der That eine erheblich grössere relative Anzahl von untermerklichen Locomotionen verzeichnet findet, als bei den ersten. Aus demselben Grunde sind die späteren Serien viel mehr explorativ als die ersten, die Breite der Excursionsschwankungen ist mehr als doppelt so gross, und in erheb-

licher Zahl werden grosse Ausschläge den kleinen gegenübergestellt, um sich über die ihnen gemeinschaftliche Qualität der Bewegungsempfindung zu vergewissern. — Aber auch innerhalb der beiden Versuchsperioden zeigen die Ergebnisse nicht unerhebliche Differenzen, bezüglich deren Beurtheilung bemerkt sein möge, dass die Ablesung des Schreiberausschlages auf halbe Millimeter eine Fehlerbreite von 0·07—0.10° bedingte.

Tabelle II.

Erstes Interphalangealgelenk.

	I (15)	II (11)	III (25)	IV (46)	V (28)	VI (46)
0			0·57° 12%	0·72° 4%	0·88° 10%	
?						
m?		0·49° 9%			0·98° 21%	0·70° 2%
m	0·88° 80%	0·90° 63%	0·77° 68%	1·0° 74%	1·14° 57%	0·71° 93%
m!	1·24° 20%	1·45° 27%	1·18° 20%	1·69° 21%	1·72° 10%	1·14° 4%

	VII (46)	VIII (61)	IX (18)	X (26)	XI (18)	XII (8)
0	0·77° 9%	0·70° 8%				
?	0·97° 13%	0·97° 24%	1·19° 16%		1·09° 16%	
m?	0·82° 11%	1·01° 6%	1·37° 28%	1·11° 19%	1·35° 28%	1·50° 12%
m	1·02° 67%	1·46° 59%	1·59° 55%	1·37° 73%	1·74° 55%	1·48° 88%
m!		2·19°(1)1%		2·10° 8%		

	XIII (18)	XIV (32)							
		↓		*D*	*G*	↑		*D*	*G*
0						0·46°	8	0·04	11·5
?	1·32° 22%								
m?	1·82°(1)5%	0·62°	10	0·04	15·5	0·63°	3	0·04	15·7
m	1·49° 72%	0·87°	4	0·07	12·4	0·77°	4	0·06	12·8
m!		0·97°	2	0·07	13·8	1·33°	1	0·07	19·0

Die Mittelwerthe (s. Tabelle II) der *m*-Excursionen der Serie I—VI sind folgende: 0·88°—0·90°—0·77°—1.0°—1·14°—071°. Unter diesen stehen sich die ersten vier sehr nahe, wenn man die vorher angegebene Fehlerbreite berücksichtigt. Bei dem 5. Werth: 1·14° scheint sich schon der geschilderte Skepticismus anzudeuten, da auch die relative Häufigkeit der untermerklichen Bewegungen grösser ist als bei den vorhergehenden Serien. Dass es bei letzteren fast gar nicht zu zweifelhaften und unsicheren Empfindungen gekommen ist, erklärt sich daraus, dass die Wichtigkeit untermerklicher Bewegungen für die vorliegende Aufgabe noch nicht genügend erkannt war. Die Folge davon ist zugleich, dass auch die Schwellenwerthe aus diesen Reihen nicht scharf bestimmt werden können.

Aus der I. Serie ist gar kein Schwellenwerth zu entnehmen.

In der II. Serie ist 0·49⁰ *m?*, während die *m*-Excursionen mit 0·53⁰ beginnen; da jedoch jener Werth nur einmal vorhanden ist, die Reihe überhaupt nur elf Versuche zählt, so dürfte auch 0·53⁰ nicht die für den Schwellenwerth genügende Sicherheit bieten.

Serie III: Excursionen von 0·58—0·65⁰ kommen vier vor, wovon drei merklich. Solche von 0·66—0·72⁰ ereigneten sich zehn, von denen acht merklich waren. Die Excursionen von 0·77⁰ und darüber waren sämmtlich merklich. Hiernach kann man schon bei 0·58⁰ den Schwellenwerth annehmen. Jedoch der Umstand, dass die nicht als merklich bezeichneten Bewegungen überhaupt gar nicht gefühlt wurden, zeigt auf das deutlichste, dass der Anspruch an das als merklich zu bezeichnende Maass von Deutlichkeit der Empfindung sehr niedrig gehalten wurde.

Serie IV: Excursionen von 0·63—0·72⁰ kamen drei vor, von denen zwei merklich waren. Solche von 0·73—0·80⁰ ereigneten sich sieben, von denen sechs merklich waren. Als Schwellenwerth müsste man hiernach schon 0.63⁰ auffassen, jedoch auch hier fällt der Sprung von *o* zu *m* auf und lässt vermuthen, dass diese *m* im Sinne der späteren Untersuchungen nur zum Theil in diese Kategorie gehören.

Serie V: Bewegungen von 0·80—0·90⁰ kamen fünf vor, von denen drei (im Betrage von 0·80⁰) merklich waren; solche von 0·91—1·0⁰ sechs, von denen zwei merklich waren; solche von 1·01—1·10⁰ drei, welche sämmtlich merklich waren. Hiernach dürfte bei 0·80⁰ der Schwellenwerth angenommen werden können. Irgend welche nachweisbare äussere Umstände, welche für die Differenz des Ergebnisses verantwortlich zu machen wären, sind nicht vorhanden. Der Einwurf einer möglicher Weise geringeren Geschwindigkeit bleibt allerdings bestehen. Letztere spielt eine Rolle in

Serie VI: Hier findet sich bemerkt, dass die Locomotionen mit der überhaupt zu erreichenden grössten Geschwindigkeit ausgelöst wurden, und zwar mit derselben wie der nachher zu besprechenden, auf die Serie VI folgenden Serie XIV, bei welcher die Dauer der Bewegungen gemessen wurde. Die Serie ergab den wieder niedrigeren *m*-Mittelwerth 0·71⁰. Der Schwellenwerth lässt sich leider wegen ungenügender Zahl von unter-merklichen Bewegungen nicht genau bestimmen; als wahrscheinlichster Werth ist nach der Vertheiluug der Einzelergebnisse 0·56⁰ anzunehmen.

Es haben sich nach dieser Erörterung bei drei Serien die Schwellenwerthe 0·58⁰—0·63⁰—0·56⁰ ergeben, während eine vierte Serie einen solchen von 0·80⁰ aufweist. Jene Werthe jedoch sind unter Umständen ermittelt worden, welche als unvollkommen bezüglich der Lösung unserer Frage bezeichnet werden müssen, da sie einen Vergleich zwischen untermerklichen und merklichen Ausschlägen kaum zulassen, während die letzterwähnte Serie in dieser Beziehung vollkommener ist. Es möge vorgreifend hier gleichzeitig bemerkt werden, dass die Serie XIV, welche nur wegen der vorgenommenen Zeitbestimmung besonders behandelt werden soll und welche gleichfalls eine zureichende Zahl von untermerklichen Bewegungen aufweist, einen Schwellenwerth von 0·72⁰ ermitteln lässt. Wir werden

demnach den Werthen 0.80° und 0·72° ein grösseres Vertrauen entgegenbringen als jenen ersterwähnten kleineren Werthen.

Die VII. bis XIII. Serie haben folgende *m*-Mittelwerthe ergeben: 1·02°—1·46°—1·59°—1·37°—1·74°—1·48°—1.49°. Berücksichtigen wir, dass die Fehlerbreite 0.07—0·10° beträgt, so werden wir die Mittelwerthe 1·37°—1·46°—1·48°—1·49°—1·59° als ziemlich conform betrachten dürfen, während allerdings 1·02° und 1·74° nicht unerheblich aus dieser Breite der Mehrzahl der Ergebnisse herausfallen.

Serie VII: Die gesammten und ebenso die merklichen Excursionen bewegen sich von 0·57 – 1·52°. Solche von 0·57—0·75° kamen überhaupt 7 vor, wovon 3 merklich waren; solche von 0·76—0·94° kamen 16 vor, von denen 7, und solche von 0·95—1·14° kamen 16 vor, von denen 13 merklich waren. Als Schwellenwerth ist somit 0·76° zu bezeichnen, mit Rücksicht darauf, dass gerade dieser Betrag unter der Gruppe 0·76—0·94° häufig vertreten war.

Serie VIII: Die gesammten 0-Excursionen bewegen sich von 0·55—2·52°; unter ihnen die merklichen aber nur von 0·84—2·52°. Bewegungen unter 0·84° kamen 10 vor; solche von 0·84—1·04° 9, wovon 3, und solche von 1·05—1·25° 13, wovon 8 merklich waren, unter denen der Werth 1·05° selbst mehrfach vertreten war. Sonach ist letzterer als Schwellenwerth anzusehen.

Serie IX: Die gesammten und ebenso die merklichen Locomotionen bewegten sich von 1·0—1·80°. Ausschläge im Betrage von 1·0° kamen vier vor, unter denen einer merklich war. Von 1·01—1·20° kam nur eine Bewegung vor, und zwar eine untermerkliche; dagegen von 1·21—1·40° fünf, von denen vier merklich waren, und zwar im Betrage von 1·30° und 1·40°. Hiernach ist erst 1·30° als Schwellenwerth anzusehen. Es geht jedoch aus dem ganzen Habitus der Serie hervor, dass wohl ein kleinerer Schwellenwerth resultirt wäre, wenn nicht die Versuchszahl zu sehr beschränkt gewesen wäre, welche nur 18 betrug — gegenüber 46 und 61 bei den vorigen Serien.

Serie X: Die gesammten und ebenso die merklichen Ausschläge erstreckten sich von 0·52—2·10° (jedoch war letzterer Werth = *m!*). Solche von 0·52 bis 0·63° kamen zwei vor, darunter ein merklicher; solche von 0·64—0·84° einer, welcher merklich (0·75°), und von 0·85—1·05° fünf, von denen vier merklich. Hiernach dürfte schon 0·75° als Schwellenwerth angesehen werden können. Auf diese sehr günstige Serie wird später wegen einer interessanten Beziehung noch einmal zurückzukommen sein. Dieselbe wurde nämlich vorgenommen, nachdem mittelst eines durch den bewegten Halbfinger geschickten faradischen Stromes die Druckempfindlichkeit desselben herabgesetzt war, was offenbar den durch die Druckempfindung erwachsenden störenden Einfluss derart verminderte, dass das Bewegungsgefühl eine Verfeinerung zeigte.

Serie XI: Während die gesammten Excursionen sich von 0·40—2·50° erstreckten, begannen die merklichen erst von 0·92° ab, jedoch kamen unterhalb 0·92° überhaupt nur zwei Ausschläge vor. Von 0·92—1·0° eine Bewegung und zwar eine merkliche. Von 1·01—1·20° vier, sämmtlich untermerklich. Von 1·21—1·40° eine, welche merklich (1·28°), und von 1·41 bis 1·60° vier, wovon drei merklich. Demnach kann erst bei 1·28° der Schwellenwerth gesetzt werden. Jedoch enthält auch diese Serie nur 18 Versuche.

Serie XII: Diese nur acht Versuche enthaltende Serie, deren Ausschläge von 0·80—2·00° sich bewegten, lässt eine Bestimmung des Schwellenwerthes nicht zu.

Serie XIII: Die gesammten Bewegungen gingen von 0·88—2·30°. Nach der Constellation der Werthe kann ein bestimmter Schwellenwerth nicht angegeben werden, was mit der zu beschränkten Versuchszahl (18) zusammenhängt.

Die ermittelten Schwellenwerthe sind demnach: 0·76°—1·05°—1·30°—0.75°—1·28°, von welchen jedoch 1·30° und 1·28° beanstandet wurden. Wenn wir nun mit diesen Ergebnissen diejenigen der ersten Versuchsperiode noch einmal vergleichen, so gelangen wir zu dem bei dem scheinbaren Auseinanderweichen derselben überraschenden Resultat, dass die dort als am correctesten befundenen Werthe völlig in den Rahmen derjenigen fallen, welche wir auch hier als bestbegründet nachgewiesen haben. Es waren dies nämlich die Schwellenwerthe der V. und XIV. Serie: 0·80 und 0·72°, zu welchen sich nun hier 0·76, 0·75 und 1·05° gesellen. Diese Ergebnisse entsprechen einer Zahl von 193 Versuchen, d. h. ungefähr der Hälfte der überhaupt an diesem Gelenk vorgenommenen. Wie später ausführlicher erörtert werden wird, erleidet die Deutlichkeit der Bewegungsempfindung durch das begleitende Druckgefühl eine Einbusse und es würden sich feinere Werthe ergeben, wenn man letzteres ganz aufheben könnte. Dieser störende Einfluss bewirkte auch zum Theil den Zweifel über die wahre Grenze der eben noch erkennbaren Qualität der Bewegungsempfindung und somit die so sehr grossen Excursionen, welche bei der zweiten Hälfte der Serien die Mittelwerthe erhöhten. Wir werden daher die eben aufgezählten Schwellenwerthe, welche in der Mitte stehen zwischen jenen hochgetriebenen und jenen anderen, wegen unvollkommener Methodik zu niedrigen Werthen, als den relativ correctesten Ausdruck der Reizschwelle ansehen dürfen. Die XIV. Serie, welche, wie bereits erwähnt, unmittelbar nach der VI. vorgenommen wurde, weist die ersten Versuche auf, bei welchen die Dauer der Bewegungen exact beobachtet wurde, und zwar mittelst einer gleichzeitig auf die Trommel geschriebenen Zeitcurve einer auf 100 Schwingungen per Secunde abgestimmten elektrischen Stimmgabel. Aus der Dauer der Bewegung kann leicht die Geschwindigkeit derselben bestimmt werden und zwar wurde in dieser und den folgenden Tabellen als vergleichbares Maass der Geschwindigkeit derjenige Betrag der Winkeldrehung angenommen und berechnet, welcher im Verlaufe einer Zeitsecunde geleistet wird, also der Quotient der beobachteten Zeitdauer der Bewegung in die beobachtete Elongation derselben. Die mittlere Geschwindigkeit ist, wie wir sehen, hier bei allen Kategorien der Merklichkeit nahezu die gleiche. Hieraus gewinnen wir um so sicherer das Ergebniss, dass die Unterschiede der Merklichkeit durch die Winkelgrösse bedingt sind.

Serie XIV: Die gesammten Excursionen gehen von 0·28—1·33. Unter ihnen die m-Excursionen von 0·49—0·99°. Die hier scharfe Abgrenzung der untermerklichen und merklichen Werthe, welche an Interesse dadurch gewinnt, dass die Geschwindigkeit erwiesenermaassen nahezu überall dieselbe ist, geht aus folgender Zusammenstellung hervor:

Unter 0·49° sechs Bewegungen, alle untermerklich;
0·49—0·55° zwei, davon eine merklich;
0·56—0·60° vier, alle untermerklich;
0·61—0·65° vier, davon eine merklich;
0·66—0·70° vier, alle untermerklich;
0·71—0·75° eine merkliche (0·72°);
oberhalb 0·94° vier, alle merklich.

Demnach ist 0·72° der Schwellenwerth, während 0·95° die Grenze der absolut sicheren Merklichkeit darzustellen scheint.

Ein nachweisbarer Einfluss der Geschwindigkeit auf die Merklichkeit der Bewegungsempfindung geht aus dieser Serie nicht hervor. Dieselbe besteht aus zwei hinter einander aufgenommenen Halbserien, von denen die eine blos Abwärts- (↓) Bewegungen, die andere blos Aufwärts- (↑) Bewegungen enthielt, um auf diese Weise zu entscheiden, ob ein Unterschied der Empfindungsschwelle sich nachweisen lässe, da, wie früher schon bemerkt, die Abwärtsbewegungen wegen einer geringeren Beimischung von Druckgefühl im Allgemeinen einen deutlicheren Eindruck machten. Es hat sich nun, wie die Tabelle zeigt, kein maassgebender Unterschied ergeben, denn den von 0·77 zu 0·87° kann man bei der Fehlerbreite von 0·09° hier nicht als solchen ansehen, und auch die relative Häufigkeit des Merklichwerdens ist bei beiden Richtungen die gleiche. Freilich sind von den ↑ gerichteten acht mit dem Mittelwerth 0·46° unmerklich geblieben, von den ↓ gerichteten dagegen keine, allein dies erklärt sich einfach daraus, dass eben bei der ersteren Richtung eine relativ grössere Anzahl von kleinen Ausschlägen vorgekommen ist.

Metacarpo-Phalangealgelenk.

An diesem Gelenk wurden 163 Bewegungsversuche in 4 Serien vorgenommen. (Tabelle III.) Die Anordnung war ähnlich derjenigen vom ersten Interphalangealgelenk, nur dass eine andere Gypsform hergestellt wurde, in welcher für den gesammten Zeigefinger genügender Spielraum vorhanden war. Die Fehlerbreite betrug hier nur 0·04—0·05°, entsprechend der Ablesung auf halbe Millimeter. Die Mittelwerthe der eben merklichen Bewegungen betragen: 0·39—0·53—0·47—0·50°. Die Uebereinstimmung derselben lässt sonach nichts zu wünschen übrig. Die Schwellenwerthe ergeben sich aus folgender Erörterung.

Tabelle III.

Metacarpo-Phalangealgelenk.

	I (34)	II (24)	III (53)	IV (52)	D	G
0						
?				0·49° 25%	0·19	2·6
m?	0·25° 6%		0·34° 5%	0·49° 29%	0·14	3·5
m	0·39° 71%	0·53° 79%	0·47° 87%	0·50° 46%	0·14	3·6
m!	0·49° 23%	0·57° 21%	0·62° 7%			

Serie I: Die Excursionen gehen von 0.22 — 0·58°. Unter diesen sind 0·22 und 0·28° untermerklich (*m?*), während von 0·36° ab alle Bewegungen merklich sind. Wir werden deshalb diesen Betrag als Schwellenwerth auffassen. Möglicher Weise würde derselbe noch niedriger ausgefallen sein, wenn eine grössere Anzahl kleinerer Bewegungen vorgenommen worden wäre. In dieser Beziehung ist es wichtig, dass die *m!* schon bei 0·40° beginnen und dass nicht weniger als fünf derselben im Betrage von 0·45 und 0·50° sind. Dies ist zugleich ein Beweis dafür, dass die Grenze der Merklichkeit hier nicht, wie bei den ersten Serien des vorigen Gelenkes, zu tief gegriffen ist.

Serie II: Die Bewegungen erstrecken sich von 0·31—0·72°. Sie gehen demnach nicht so weit herunter als die der vorigen Serie, sind aber auch sämmtlich merklich. Ein Schwellenwerth ist deshalb kaum zu bestimmen; sicherer als das vereinzelte 0·31° dürfte aber wenigstens 0·39° sein, ein Betrag, welcher mehrfach vertreten ist. Die *m!*-Excursionen erstrecken sich von 0·50—0·72°, und zwar sind drei solche im Betrage von 0·50—0·54°.

Serie III: Die Bewegungen gehen von 0·29—0·78°, während die merklichen bei 0·34° beginnen. Unter 0·39° sind zwei Excursionen vorgekommen, von denen eine merklich. 0·39° selbst kam 15 mal vor, wovon es 13 mal merklich war. Hiernach ist 0·34° als Schwellenwerth zu betrachten. Die *m!*-Ausschläge bewegen sich von 0·49—0·76°, drei derselben betragen jedoch nur 0·49—0·64°.

Serie IV: Die Serie umfasst Bewegungen von 0·18—1·03°, unter denen die eben merklichen bei 0·28° beginnen. Und zwar sind:

unterhalb 0·28° vier, sämmtlich untermerklich;
von 0·28—0·35° sechs, wovon drei merklich;
von 0·36—0·40° sechs, wovon eine merklich;
von 0·41—0·45° drei, wovon eine merklich (0·43°), jedoch sind die beiden untermerklichen langsamer;
von 0·46—0·50° drei, wovon zwei merklich.

Hiernach ist der Schwellenwerth, unter Berücksichtigung der Geschwindigkeitsverhältnisse, bei 0·43°, und zwar mit 14·1 Geschwindigkeit. Jedoch ist letztere nicht in dieser Höhe nothwendig, wie die mittlere Geschwindigkeit 3·6 bei 0·50° beweist.

Die ermittelten Schwellenwerthe: 0·36°—0·39°—0·34°—0·43° sind demnach ausserordentlich übereinstimmend. Wenn auch bei den drei ersten

Serien die Bestimmung desselben dadurch an Schärfe verlor, dass im Allgemeinen zu wenig Excursionen von zweifelhafter Empfindung ausgelöst worden waren, so wurde dieser Umstand doch zum Theil wieder durch die reichere Zahl der niedrigen *m*!-Werthe ausgeglichen. Dass die Werthe in Serie IV grösser ausgefallen sind, ist offenbar darauf zu schieben, dass eine Anzahl grösserer Bewegungen hier mit geringerer Geschwindigkeit vor sich gegangen sind, welche letztere bei dieser Serie in derselben Weise wie beim I. Interphalangealgelenk bestimmt worden ist. Wir finden hier das entgegengesetzte Verhältniss vor wie bei dem letztgenannten Gelenk: während nämlich dort die verschiedenen Kategorien der Merklichkeit sich fast lediglich durch die Winkelgrösse unterschieden, thun sie es hier durch die Geschwindigkeit, wenigstens bei *m* und *?*, deren Mittelwerthe fast dieselben sind (0·49 und 0·50°). Die Breite der Schwankungen der Einzelwerthe ist gleichfalls bei den drei Kategorien fast dieselbe; sie beträgt nämlich bei den *m* 0·28—1·03°, bei den *m?* 0·24—1·03°, bei den *?* 0·18—0·83°. Aber die Geschwindigkeit umfasst bei letzteren Werthe von 9·1—1·3, während dieselben bei den *m?* von 20·0—2·1 und bei den *m* von 25·0—2·3 gehen. Hier tritt uns also zum ersten Male in unzweideutiger Weise die Erscheinung entgegen, dass gleiche Winkelexcursionen je nach der Geschwindigkeit verschieden starke Empfindungen geben und die Schwelle der Bewegungsempfindung unmittelbar durch die Geschwindigkeit beeinflusst wird. Der Winkel 0·83° ist bei 2·7 Geschwindigkeit merklich, während er bei 1·3 Geschwindigkeit nur eine indifferente Sensation verursacht. Dies nur ein Beispiel von vielen. Dadurch nun, dass Bewegungen von so langsamer Art wie eben z. B. 0·83° 1.3 in einer gewissen Anzahl ausgeführt werden, wird der Durchschnittswerth der Excursion begreiflicher Weise erheblich erhöht. Hieraus erwächst neben der speciellen Beziehung zu dem hier vorliegenden Grössenunterschiede der Ergebnisse die allgemeine Folgerung, dass die Beobachtung der absoluten Winkelexcursionen ohne Berücksichtigung der Geschwindigkeit keine ganz vollkommene sein kann, eine Erkenntniss, auf welcher die späterhin bei den grösseren Gelenken durchgängig angewendete Methode basirt.

Handgelenk.

Am Handgelenk wurden 341 Bewegungen in 12 Serien vorgenommen, von denen bei 174 (Serie VI—XII) die Dauer je gemessen wurde. Die Anordnung der Versuche war folgende: Der linke Vorderarm wurde, mit der Beugefläche nach unten gerichtet, in eine Gypsform gelegt, welche zu diesem Zweck hergestellt worden war. Dieselbe hatte nahezu die Länge des Unterarms, liess jedoch Ellbogen und den an das Handgelenk grenzen-

den unteren Abschnitt frei. Sie bestand aus einem unteren soliden Fusstheil und einem oberen ausgehöhlten Theil. Die an die Formen des Unterarms sich genau anschmiegende Rinne umfasste von letzterem etwa die unteren zwei Dritttheile seines Umfangs. Der obere freie Theil der Unterarmfläche wurde mit einem Sandsack bedeckt, welcher sich einerseits gut anschmiegte, andererseits durch seine Schwere das Glied zu fixiren geeignet war. Jedoch bedurfte es in letzterer Beziehung noch einer Nachhülfe, welche durch die eigene rechte, auf den Sandsack drückende Hand gewährt wurde. Der freie Ellbogen wurde durch ein Kissen gestützt. Die Hand selbst wurde mit einer manschettenartig geformten Gummiblase umgeben, welche durch Einfüllen von Wasser prall gefüllt war. Um diese Manschette wurde eine Bandschlinge gelegt, welche von dem bewegenden Apparat herabhing. Die geschilderte Vorrichtung verfolgte den Zweck, die Druckempfindung, welche bei dem Bewegen des Gliedtheiles nothwendig entstehen und mit der Eigenschwere desselben wachsen muss, möglichst zu dämpfen, was in der That in recht vollkommener Weise gelang. Es wurde deshalb bei den folgenden grösseren Gelenken durchweg von dieser Einrichtung Gebrauch gemacht. Die für jedes Glied besonders nach Maass gefertigten und bezüglich ihrer Wanddicke der Eigenschwere des betreffenden Gliedabschnittes entsprechenden Manschetten enthielten zwischen den doppelten Wänden einen ringförmig in sich selbst zurückkehrenden Hohlraum von ovalem Querschnitt; derselbe stand durch ein die äussere Wand durchbohrendes Schlauchstück mit der Luft in Verbindung. Vermittelst dieses Schlauches wurde der Innenraum mit Wasser gefüllt, wozu eine geräumige Wundspritze verwendet wurde. Die zur prallen Füllung erforderlichen Wassermassen waren nicht gering; so erforderte die grösste, beim Oberschenkel verwendete Manschette nicht weniger als $^3/_4$ Liter. Da das Gummigefäss in dem aufgetriebenen Zustand die Neigung hat, wenn das Glied an der betreffenden Stelle sich nach einer Richtung hin verjüngt, in eben dieser sich rollend fortzuschieben, so wurde zunächst ein der Breite der gefüllten Manschette entsprechender Gurt angelegt, welcher an beiden Seiten mit einer dicken Paspel versehen war, und dessen Länge nur so viel betrug als der Umfang des Gliedes, um welches er mittelst Bändern befestigt wurde. In die durch die Paspeln abgegrenzte Rinne wurde nun die Manschette gelegt. Die Hand war bei allen Versuchen mit der Vola nach unten gerichtet und befand sich, selbst horizontal, in der directen Verlängerung des horizontal gelagerten Unterarms. Der zum Bewegen des Schreibhebels benutzte Faden wurde von einem, peripher von der Manschette, welche die Stelle der unteren Mittelhand einnahm, gelegenen Theil der Hand abgeleitet, indem er an einem die Hand umgebenden Bande mittelst einer genau nach oben gerichteten Oese befestigt

wurde. Die Bewegung wurde stets durch die früher beschriebene Klappenvorrichtung ausgelöst.

Das Glied schwamm somit gleichsam in Wasser und nur bei dem Oberschenkel war die Schwere so gross, dass der grösste Theil des Wassers von unten verdrängt wurde. Der von Seiten des bewegenden Apparates auf die Manschette ausgeübte Druck pflanzte sich mittelst des Wassers auf die gesammte von der Manschette umgebene Oberfläche des Gliedes fort, so dass derselbe nicht mehr als aus einer bestimmten Richtung kommend localisirt wurde. Ausserdem wurde der Druck erheblich abgeschwächt, so dass es nicht zu viel gesagt ist, wenn ich behaupte, dass an den Gliedabschnitten von geringerer Masse, wie Hand und Unterarm, bei den Bewegungen kaum eine Druckempfindung sich bemerkbar machte. Hierzu mochte auch viel beitragen, dass die prall gefüllte Manschette schon einen nicht geringen Anfangsdruck ausübte.

Tabelle IV.

Handgelenk.

	I (13)	II (24)	III (33)	IV (60)	V (37)
0					0·14° 5%
?				0·28° 12%	0·26° 35%
m?					
m	0·59° 85%	0·47° 91%	0·37° 94%	0·43° 85%	0·33° 46%
m!	0·87° 15%	0·89° 8%	0·65° 6%	0·72° 3%	0·41° 11%

In den ersten fünf, ohne Zeitbestimmung angestellten Serien wurden als Mittelwerthe der eben merklichen Bewegung folgende erhalten: 0·59—0·47—0·37—0·43—0·33°. Sieht man von dem ersten ab, so zeigen die Ergebnisse eine befriedigende Uebereinstimmung, wobei zu bemerken ist, dass die Fehlerbreite 0·03—0·04° beträgt, entsprechend der Ablesung auf halbe Millimeter. Wir werden nach unseren früheren Erfahrungen den drei ersten Serien eine geringere Werthschätzung zukommen lassen, als der vierten und fünften, weil sie keine untermerklichen Werthe enthalten. Dazu kommt, dass die erste Serie (0·59°) nur aus 13 Versuchen besteht. Die Schwellenwerthe ergeben sich aus der folgenden Erörterung.

Serie I: Ein Schwellenwerth ist nicht zu bestimmen.

Serie II: Schon 0·30° kommt mehrfach vor. Ebenso in

Serie III: 0·27°. Dieselben müssen daher als Schwellenwerthe angesehen werden, jedoch mit der Maassgabe, dass wegen Fehlens untermerklicher Werthe ein Schwellenwerth mit genügender Sicherheit überhaupt nicht bestimmt werden kann.

Serie IV: Die gesammten Excursionen bewegen sich von 0·23—0·80°, während die merklichen erst bei 0·27° beginnen. Solche Ausschläge von 0·27°

kommen acht vor, von denen fünf merklich sind. Demnach ist 0·27° als Schwellenwerth zu betrachten.

Serie V: Die gesammten Excursionen gehen von 0·10—0·55, unter ihnen die merklichen von 0·18° ab. Die Vertheilung ist im Engeren folgende:

Unter 0·18° zwei, beide untermerklich;
0·18—0·22° fünf, davon eine merklich;
0·23—0·25° vier, wovon zwei merklich;
0·26—0·28° zwei, beide merklich;
0·29—0·31° vier, wovon eine merklich;
0·32—0·35° sechs, wovon vier merklich.

Hiernach könnte man den Schwellenwerth schon bei 0·24° annehmen; einwandfrei dürfte aber 0·32° sein.

Die Schwellenwerthe bewegen sich sonach mit grosser Uebereinstimmung zwischen 0·27 und 0·32°. Eine Bestätigung hierfür erwächst aus den übermerklichen Ausschlägen, welche bei der am besten gelungenen Serie V 0·41° im Mittel betragen.

Bei den folgenden Serien mit Zeitbestimmung kamen zwar wie sonst Auf- und Abwärtsbewegungen meist abwechselnd zur Ausführung, aber dieselben werden in der Tabelle getrennt aufgeführt, um etwaige Unterschiede constatiren zu können. (Tab. V.) Die *m*-Mittelwerthe sind nun, wie ein Blick auf die Tabelle ergiebt, bei beiden Richtungen der Bewegung überall fast identisch; nur in der XI. Serie ist ein erheblicherer Unterschied vorhanden, insofern als die $\downarrow$ Bewegung den Werth 0·56°, die $\uparrow$ Bewegung den Werth 0·74° ergeben hat. Auch die Geschwindigkeiten verhalten sich bei beiden Bewegungsrichtungen ziemlich gleich; nur bei der ersten Serie ist die $\uparrow$ Bewegung durchweg langsamer erfolgt als die $\downarrow$ Bewegung. Bei zwei Serien, nämlich VII und IX, sind von den $\downarrow$ Bewegungen eine relativ grössere Zahl merklich geworden als von den $\uparrow$ Bewegungen; jedoch erklärt sich dies bei der letztgenannten Serie dadurch, dass unter den $\uparrow$ Bewegungen eine relativ grössere Anzahl von kleinen Ausschlägen sich befand. Sonach ist weder in der Art der Bewegung noch in der Merklichkeit ein nennenswerther Unterschied, bis auf vereinzelte Fälle, bei denen es sich zweifellos um störende Druckempfindungen gehandelt hat, zwischen den beiden Richtungen hervorgetreten. Dies negative Resultat wird in der Folge ein grösseres Interesse durch die dann zu berichtenden positiven Ergebnisse bei anderen Gliedabschnitten gewinnen. Die Grösse der *m*-Mittelwerthe ist im Ganzen unter sich übereinstimmend, bis auf die letzte Serie, erhebt sich aber etwas über die Werthe der früheren Serien. Die grösste Zahl der jetzigen Mittelwerthe bewegt sich von 0·33—0·56°, wozu nun die allerdings erheblicher differirenden 0·70, 0·74 und 0·68° der XII. und der $\uparrow$ Bewegungen der XI. Serie treten. Die Schwellenwerthe ergeben sich aus der folgenden Erörterung, bei welcher

Tabelle V.

Handgelenk.

	VI (30)								VII (29)							
	↓		*D*	*G*	↑		*D*	*G*	↓		*D*	*G*	↑		*D*	*G*
0	0·23°	1	0·03	7·6	0·39°	1	0·08	4·9	0·39°	2	0·17	2·3	0·36°	4	0·12	3·0
?	0·33°	4	0·08	4·1	0·27°	6	0·10	2·7	0·33°	3	0·09	3·7	0·44°	4	0·13	3·4
m?									0·36°	2	0·09	4·0				
m	0·39°	8	0·08	4·9	0·41°	8	0·13	3·1	0·52°	8	0·09	5·8	0·51°	4	0·08	6·4
m!	0·88°	1	0·12	7·3	0·52°	1	0·08	6·5	0·78°	1	0·11	7·1	0·89°	1	0·06	14·8

	VIII (22)								IX (32)							
	↓		*D*	*G*	↑		*D*	*G*	↓		*D*	*G*	↑		*D*	*G*
0					0·39°	1	0·07	5·6					0·36°	3	0·10	3·6
?	0·26°	3	0·08	3·2					0·55°	1	0·08	6·9	0·38°	6	0·06	6·3
m?																
m	0·38°	9	0·08	4·7	0·33°	6	0·05	6·6	0·55°	9	0·07	7·8	0·53°	9	0·09	5·8
m!					0·55°	3	0·10	5·5	1·25°	2	0·08	15·6	0·71°	2	0·09	7·9

	X (17)								XI (29)							
	↓		*D*	*G*	↑		*D*	*G*	↓		*D*	*G*	↑		*D*	*G*
0									0·42°	1	0·12	3·5				
?	0·29°	1	0·06	4·8									0·49°	4	0·08	6·1
m?																
m	0·55°	7	0·08	6·9	0·49°	4	0·07	7·0	0·56°	14	0·09	6·2	0·74°	10	0·08	8·2
m!	0·90°	3	0·07	12·9	0·78°	2	0·10	7·8								

	XII (15)							
	↓		*D*	*G*	↑		*D*	*G*
0					0·42°	1	0·09	4·6
?	0·42°	1	0·07	6·0	0·39°	2	0·08	4·9
m?								
m	0·70°	3	0·08	8·7	0·68°	3	0·08	8·5
m!	1·11°	3	0·09	12·3	1·11°	2	0·09	12·3

eine Sonderung der Richtung nicht vorgenommen wurde, weil die letztere einen nennenswerthen Einfluss nicht hat hervortreten lassen.

Serie VI: Die gesammten Excursionen gehen von 0·22—0·88°, — die merklichen von 0·26° ab. Unter den Ausschlägen von 0·26° ab sind 64 Procent merklich, und zwar ist 0·26° für sich 6 mal vorgekommen, davon 3 mal als merklich; 0·27—0·32° 7 mal, wovon zwei, und 0·33—0·38° 6 mal,

wovon vier merklich. Von 0·39° ab sind alle Locomotionen merklich gewesen. Hiernach ist 0·26° Schwellenwerth.

Serie VII: Die Ausschläge gehen von 0·27—0·89°, darunter die *m* von 0·42° ab. Solche von 0·42 – 0·46° kamen sieben vor, wovon vier merklich. Von 0·52° alle Bewegungen merklich. Hiernach ist 0·42° Schwellenwerth.

Serie VIII: Die Ausschläge, sowohl die gesammten wie die merklichen, gehen von 0·15—0·56°. Von 0·15—0·26° vier Excursionen, von denen zwei merklich, aber bei aussergewöhnlich grosser Geschwindigkeit; von 0·27 bis 0·33° vier, wovon drei merklich (0·29°); von 0·42° ab alle Bewegungen merklich. Demnach ist der Schwellenwerth bei 0·29°.

Serie IX: Die Excursionen gehen von 0·26—1·08°, darunter die merklichen von 0·42° ab. Unterhalb 0·42° sechs Bewegungen, sämmtlich untermerklich. 0·42° selbst ist 4 mal vorgekommen, davon drei merklich; 0·45° ebenfalls 4 mal, von denen wieder drei merklich. Demnach ist die Schwelle bei 0·42°, während von 0·55° ab alle Excursionen merklich sind.

Serie X: Die Ausschläge gehen von 0·29—1·04°, die merklichen beginnen bei 0·33°. Da ausser 0·29° keine untermerklichen vorgekommen sind, so ist 0·33° Schwellenwerth; jedoch muss die Serie in dieser Beziehung als unvollkommen gelten.

Serie XI: Excursionen von 0·33—0·90°; auch die merklichen beginnen bei 0·33°. Unter 0·40° zwei Bewegungen, von denen eine merklich. 0·40° selbst kam 3 mal vor, wovon zwei merklich; die dritte zudem sehr langsam. Folglich Schwellenwerth bei 0·40°. Von 0·52° ab kamen 20 Bewegungen vor, von denen 19 merklich; demnach ist hier die nahezu absolute Grenze der Merklichkeit.

Serie XII: Excursionen von 0·39—1·40°, unter ihnen die merklichen von 0·59° ab. Unterhalb 0·59° sind aber nur vier Bewegungen vorgekommen, während von 0·59° ab sämmtliche merklich sind. Somit ist ein Schwellenwerth hier nicht zu bestimmen und kann nur festgestellt werden, dass als absolute Grenze 0·59° sich ergeben hat. Dies differirt, obwohl die Mittelwerthe dieser Serie mit 0·70 und 0·68° erheblich diejenigen der vorhergehenden überragen, kaum von der in Serie VII, IX und XI ermittelten Grenze. Wahrscheinlich würde bei grösserer Versuchszahl, welche nur 15 betrug, sich ein niedrigerer Schwellenwerth ergeben haben.

Die Schwellenwerthe sind demnach: 0·26°, 0·42°, 0.29°, 0·42°, 0·33°, 0·40°. Die Grenzen der absolut merklichen Ausschläge: 0·39°, 0·52°, 0·42°, 0·55°, 0·33°, 0·52°, 0·59°. Die Geschwindigkeiten dieser Bewegungen sind in allen Serien nahezu die gleichen; nur in der ersten Serie ist dieselbe geringer.

Dass in der letzten und vorletzten Serie grössere Excursionen unternommen wurden, welche, wie wir sehen, sich von dem Schwellenwerth weiter entfernen als in den anderen Serien, hat einen besonderen Grund: obwohl nämlich die Druckempfindung sich nicht in störender Weise geltend machte, erwuchs doch ein störendes Moment aus der Fortleitung der Erschütterung, welche durch das Auftreffen der Klappe auf den, dieserhalb schon mit Gummi bekleideten Anschlag entstand. Zwar geschah diese Erschütterung

erst nach Beendigung der Bewegung des Gliedes, allein vielleicht gerade dadurch, dass sie in das Stadium der Urtheilsfällung einbrach, wirkte sie störend. Daher erwuchs das Bestreben, welchem in Serie XII und zum Theil XI Rechnung getragen wurde, die Ausschläge über das gewöhnliche Maass zu vergrössern, um die Bewegungsempfindung möglichst deutlich neben der Errschütterung hervortreten zu lassen. Es zeigte sich dabei, wie wir sahen, dass dann fast lediglich merkliche Empfindungeu entstanden, womit zugleich eine Art von Bestätigung für die vorher ermittelten Schwellenwerthe gegeben ist. — Ein anderes störendes Moment erwuchs aus dem klappenden Geräusch, welches durch das Anschlagen erzeugt wurde, ebenfalls regelmässig in dem Moment, in welchem das Sensorium am meisten mit der Auffassung der Bewegungsempfindung beschäftigt war. Obwohl erwartet und einer anderen Sinnesmodalität angehörend, erschwerte dieser Schalleindruck doch in einer auch durch die concentrirteste Aufmerksamkeit kaum zu bewältigenden Weise die Auffassung der Bewegungsempfindung. — Diese beiden Einwirkungen waren es, welche den Anlass gaben, bei der Fortsetzung der Untersuchungen die nachher zu beschreibende umständliche Vorrichtung in Anwendung zu ziehen.

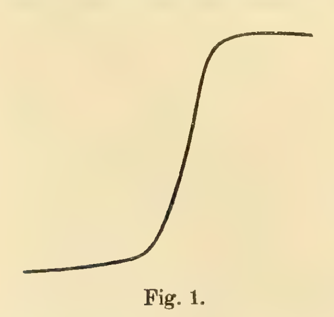
Dafür, dass lediglich die Geschwindigkeit die Merklichkeit oder Unmerklichkeit bedingen könne, wie es beim Metacarpo-Phalangealgelenk hervorgegangen war, zeigten die Serien des Handgelenks keine überzeugenden Beispiele. Bei einer Reihe von Serien bildete zwischen den verschiedenen Kategorien der Merklichkeit nur die Winkelgrösse den Unterschied (VI, IX, XI), bei anderen sowohl die Winkelgrösse wie gleichzeitig die Geschwindigkeit (VII, VIII, XII), ohne dass man sicher entscheiden könnte, welchem Factor dabei die grössere Bedeutung zukommt.

Ellbogengelenk.

Bei den grösseren Gliedabschnitten war es schon der grösseren Schwere halber erforderlich, eine andere Einrichtung bezüglich des bewegenden Apparates und der Unterstützung des Gliedes zu treffen; ausserdem handelte es sich um die Beseitigung der vorerwähnten Uebelstände: der Erschütterung und des Geräusches. Es wurde deshalb folgendes Verfahren in Ausführung gebracht: In dem unter dem Untersuchungszimmer gelegenen Kellerraum wurde eine Druckpumpe aufgestellt, welche im wesentlichen aus einem Cylinder, einem Stempel mit Zahnstange und einem zum Bewegen des Stempels dienenden Winkelhebel bestand. Letzterer bewegte sich in einer verticalen Ebene und griff mittelst eines gezahnten Bogenstückes in die Stempelstange ein; der nach oben gerichtete Arm des Hebels

endigte in einer Handhabe und verlängerte sich nach unten über den Drehpunkt hinaus. Diese Verlängerung vermittelte die Hemmung des Ausschlages, indem sie sich zwischen zwei mittelst Schrauben verstellbaren Anschlägen bewegte. Durch ein starkes und weites Bleirohr wurde diese Pumpe mit einer zweiten Pumpe in Verbindung gesetzt, welche in dem Untersuchungsraum selbst aufgestellt war. Der Stempel dieser Pumpe trug eine lange, in einer Führung gleitende Stange, welche eine tiefgehende, von oben her in dieselbe eindringende cylindrische Bohrung enthielt. In letztere konnte der Stiel einer zur Aufnahme des Gliedes dienenden Krücke versenkt werden; eine in dem Mantel der cylindrischen Bohrung angebrachte Schraube befestigte den Stiel in derselben. Die Stempelstange trug ausserdem, ebenso wie die der unteren Pumpe, eine Millimetereintheilung. Die Lichtung des oberen Cylinders war erheblich grösser als die des unteren (s. u.). Das gesammte System wurde nun mit Wasser gefüllt und zwar unter Anwendung von Cautelen, welche die Möglichkeit eines Lufteintritts so gut wie ganz ausschlossen. Jede dem Stempel der unteren Pumpe ertheilte Bewegung wurde somit hydraulisch auf den Stempel der oberen Pumpe übertragen, so zwar, dass die Verschiebung des letzteren in dem Verhältniss geringer war, als der Querschnitt des oberen Cylinders den des unteren in sich enthielt. Die verstellbaren Anschläge der ersten Pumpe gestatteten nun zwar jede Art von Abstufung der Elongation, allein es war eine untere Grenze derselben dadurch gegeben, dass bei einer zu geringen Grösse derselben die wünschenswerthe Gleichmässigkeit der Pumpenbewegung sich nicht erreichen liess und gleichzeitig die wegen der Widerstände nothwendige Kraftentfaltung, besonders da die Bewegung mit maximaler Geschwindigkeit vor sich gehen sollte, bei der geringen Distanz der Anschläge zu einer störenden Erschütterung führen musste. Die Maassverhältnisse der Lichtungen beider Cylinder waren nun so berechnet und hergestellt, dass die als untere Grenze einer handlichen und bequemen Hebelbewegung ausprobirte Elongation des unteren Stempels eine Höhenverschiebung des oberen um 1 ^{mm} herbeiführte. Diese auf Grund der vorhergegangenen Versuche an Hand und Finger gemachte Festsetzung zeigte sich in der That in der Folge als zureichend. Die Anschläge waren, um die Erschütterung zu dämpfen, mit Gummi bekleidet. Die Krücken, in welche das mit der Manschette umgebene Glied gelegt wurde, waren in mehreren Grössen nach Maass für die einzelnen Gliedabschnitte gefertigt. Eine solche Krücke bestand aus einem etwa 7—8 ^{cm} breiten, 1·5 ^{cm} dicken, in Halbkreisform ausgeschnittenen Holzstück, dessen Rundung derjenigen des zu untersuchenden Gliedes jedoch unter Berücksichtigung der durch die Manschette erfolgten Umfangsvergrösserung angepasst war. Während die äussere convexe Fläche eben war, besass die innere concave Fläche

eine flache, von der einen zur andern Längsseite sich erstreckende Aushöhlung, einem Kugelausschnitt entsprechend, welche dazu dienen sollte, die gewölbte Manschette zu umfassen. Diese innere Fläche war ausserdem behufs Dämpfung des Stosses und innigerer Anlegung der Manschette mit Plüsch bekleidet. Vermittelst eines in die Mitte der convexen Fläche eingelassenen Metallstückes mit konischer Bohrung konnte die Krücke auf dem vorhin erwähnten Stiel befestigt werden. In die Krücke kam die das Glied umschliessende Manschette zu liegen, welche durch die Vertiefung der inneren Krückenfläche an der Rollung verhindert wurde. Die Krücke konnte mittelst des mehr oder weniger tief in die Stempelstange einzulassenden Stieles in der Höhe verstellt werden; grössere Verstellungen wurden dadurch ausgeführt, dass die gesammte Pumpe höher oder niedriger gestellt wurde; um letzteres zu ermöglichen, wurde das Leitungsrohr von der Durchbruchsstelle des Mauerwerks zur Pumpe nicht geradlinig, sondern in einem grösseren Bogen hingeführt. Die Registrirung der Elongation geschah durchweg vom bewegten Gliede selbst, nicht vom Apparat aus. Zu diesem Behuf wurde ein Gurt mit Oese um das Glied, peripherisch von der Manschette, gelegt; nachdem das Glied dann in der Krücke passend gelagert war, wurde in der Oese ein Faden befestigt, welcher senkrecht nach oben stieg und nach mehrfacher Rollenübertragung, welche ihm die nöthigen Richtungsveränderungen ertheilte und zugleich durch ihre gegenseitige Verstellbarkeit eine Verlängerung und Verkürzung des senkrecht herabhängenden Theils gestattete, sich an den Schreibhebel ansetzte. Ein neben dem Faden herabhängendes Loth gestattete eine Controle über die verticale Richtung. Von der Millimetereintheilung an den Stempelstangen wurde nur Gebrauch gemacht, um hin und wieder den Gang des Apparates für sich zu controliren. Ein neben dem Wasserleitungsrohr gelegtes Sprachrohr vermittelte die Communication zwischen mir und dem die untere Pumpe bedienenden Gehülfen. Der Gebrauch des Apparates rechtfertigte die an denselben gestellten Erwartungen vollkommen: das zu bewegende Glied hatte eine solide, jedes active Halten unnöthig machende Unterlage und die Bewegungen des Apparates geschahen mit der zur Ueberwindung der Widerstände der Glieder nöthigen Kraftentfaltung, ohne störende Geräusche zu verursachen; nur ein ganz gedämpfter, vom Anschlag herrührender Ton, aus der Tiefe empordringend, verrieth das Vorhandensein der activen Gewalt. Die Bewegungen waren gleichmässig und im Allgemeinen scharf abgesetzt (s. Fig. 1). Nur am Ellbogengelenk


Fig. 1.

und in geringerem Grade am Schultergelenk verlief die Abwärtsbewegung vielfach ein wenig langsamer als die Aufwärtsbewegung und zeigte bei dem erstgenannten nicht selten auch eine besondere Verlangsamung am Ende der Bewegung. Bei den Gliedmaassen von grösserem Gewicht (Unterschenkel mit Fuss, ganzes Bein) war dagegen gerade die Abwärtsbewegung von etwas schnellerem Verlauf als die entgegengesetzt gerichtete.

Den vollkommeneren Versuchsbedingungen entsprechend wurden nun die zu lösenden Fragen nach mehreren Richtungen hin erweitert. Zunächst handelte es sich wieder darum, die kleinste merkliche Winkeldrehung zu ermitteln. Da durch die früheren Erfahrungen nun schon sichergestellt war, dass die Geschwindigkeit einen Einfluss auf die Merklichkeit habe, so konnte dies nur noch mehr die Tendenz bestärken, eine möglichst grosse Geschwindigkeit zu erzeugen, um eben die den günstigsten Verhältnissen entsprechende Reizschwelle der Drehungsgrösse zu finden. Allein die träge Masse setzt der Geschwindigkeit eine gewisse Grenze, bei welcher die erschütternde Wirkung des Stosses die drehende überwiegt. Es können schon aus diesem Grunde, zu welchem sich nun noch die Veränderung der Technik gesellt, bei den grösseren Gliedabschnitten bei weitem nicht jene grossen Geschwindigkeiten erreicht und angewendet werden wie am Finger. Diese erschütternde Wirkung ist natürlich nicht identisch mit jener, welche durch Fortleitung der Erschütterung des bewegenden Apparates früher entstand, und ebenso wenig kann sie durch die Vertheilung und Abschwächung des Druckes aufgehoben werden. Sie wird ebenso wohl mit dem Wachsen der Geschwindigkeit zunehmen, als auch sich bei kleinen Verschiebungen ganz besonders geltend machen.

Ferner sollte der Einfluss der Geschwindigkeit auf die Merklichkeit möglichst für sich geprüft werden. Sollte es sich herausstellen, was bis jetzt nur vermuthet werden konnte, dass eine und dieselbe Excursion je nach der Geschwindigkeit, mit welcher sie zurückgelegt wird, untermerklich oder merklich sein kann, so würde dies berechtigen, die Geschwindigkeit selbst als einen Reizfactor bezüglich der Bewegungsempfindung anzusehen und ihr demgemäss auch eine R e i z s c h w e l l e zuzuschreiben. Um dies zu ermitteln, wurden sehr grosse, möglichst gleiche Bewegungen mit wechselnden abgestuften Geschwindigkeiten ausgeführt.

Endlich sollte untersucht werden, ob die jeweilige Stellung der Gelenkenden des zu bewegenden Gelenkes (G e l e n k l a g e) und die mit ihr einhergehende M u s k e l l a g e sowie die Haltung der verschiedenen Segmente des bewegten Gliedes unter sich einen Einfluss auf die Bewegungsempfindung haben, wie dies andeutungsweise schon beim zweiten Interphalangealgelenk versucht worden war.

Eine Veränderung des Versuchsmodus bestand noch darin, dass eine feinere Classificirung der durch die Bewegung erweckten Empfindungen vorgenommen wurde. Es wurden nämlich diejenigen Excursionen, bei welchen selbst das Vorhandensein der indifferenten Sensation (siehe früher) zweifelhaft erschien, mit *o?* — diejenigen, bei welchen die indifferente Sensation eine kaum erkennbare Spur von Bewegungsempfindung beigemischt enthielt, mit *?m* bezeichnet. Ferner wurde die übermerkliche Empfindung noch in die beiden Kategorien *m!* und *!* getheilt, von welchen die erstere wie früher nur eine besonders deutliche Bewegungsempfindung, die letztere aber eine geradezu starke Empfindung bezeichnete.

Sämmtliche Bewegungen wurden ferner mit gleichzeitiger Registrirung der Dauer an der rotirenden Trommel ausgeführt.

Am Ellbogengelenk wurden drei Gelenklagen unterschieden und für sich untersucht: nämlich ausser der rechtwinkeligen Beugung, welche in der Hauptsache in Betracht kam, eine spitzwinkelige von 55° und eine stumpfwinkelige von 140°. Der Oberarm wurde an den Oberkörper fest angebunden und zwar in einer etwas rotirten Haltung, so dass der Unterarm schräg vom Körper abstand. Während ich selbst sass, wurde der horizontal gerichtete Unterarm mit der Dorsalfläche auf die Krücke aufgelegt, natürlich nach Anlegung der Gummimanschette. Aber schon bei den ersten Serien machte sich die Neigung des Unterarms, sich in halb pronirte Stellung zu begeben, so sehr geltend, dass ihr nachgegeben wurde, um nicht aus der Unbequemlichkeit der Haltung einen störenden Einfluss zu gewinnen, — so dass also die Ulnarseite des Unterarms zum Auflegen kam. — Die Ablesung geschah in den gesammten folgenden Untersuchungen nur auf Millimeter, weil sich schon dadurch eine Genauigkeit von 0·02 bis 0·03°, zuweilen auch von 0·01° erzielen liess.

Schwelle der Excursion.

Rechtwinkelige Gelenklage. (Lage 1.) Tabelle VI. Dieselbe wurde mittels 280 Bewegungen in 14 Serien untersucht. Die Mittelwerthe der eben merklichen Bewegung mögen hier noch einmal zusammengestellt werden: 0·77° — 0·69° — 0·65° — 0·68° — 0·53° — 0·47° — 0·73° — 0·84° — 0·88° — 0·66° — 0·66° — 0·61° — 0·49° — 0·48°. Die Schwellenwerthe ergeben sich aus folgender Erörterung.

Serie I: Während die gesammten Excursionen sich von 0·63 – 0·87° erstrecken, beginnen die merklichen bei 0·71°, so zwar, dass von den in diese Breite fallenden Bewegungen 60 Procent merklich sind. Die unter 0·71° be-

Tabelle VI.

Ellbogengelenk. Lage 1.

	I (14)				II (12)				III (15)				IV (16)			
			D	G			D	G			D	G			D	G
0	0·67° (1)		0·65	1·0												
0?																
?	0·73°		0·91	0·8									0·57° (1)		0·63	0·9
?m									0·67°		1·16	0·6				
m?	0·71°	36%	0·66	1·0	0·55° (1)	8%	0·51	1·0	0·88°	13%	1·69	0·5	0·69°	12%	0·58	1·2
m	0·77°	43%	0·56	1·4	0·69°	92%	0·56	1·2	0·65°	66%	0·64	1·0	0·68°	68%	0·62	1·1
m!									0·67° (1)		0·36	1·9	0·76°	12%	0·46	1·6
!																

	V (17)				VI (15)				VII (10)				VIII (11)			
			D	G			D	G			D	G			D	G
0	0·49° (1)		0·45	1·1	0·46°		0·60	0·77	0·66°		0·79	0·8	0·89°		1·03	0·86
0?																
?	0·45° (1)		0·42	1·0	0·51°		0·94	0·54								
?m																
m?					0·41°	20%	0·57	0·7					0·90° (1)	9%	0·78	1·1
m	0·53°	76%	0·48	1·1	0·47°	20%	0·59	0·8	0·73°	70%	0·59	1·2	0·84°	63%	0·67	1·2
m!	0·56°	12%	0·35	1·6					0·81° (1)	10%	0·72	1·1	0·84° (1)	9%	0·72	1·1
!																

	IX (11)				X (33)				XI (26)				XII (12)			
			D	G			D	G			D	G			D	G
0	0·79°		0·72	1·1	0·47°		0·59	0·8	0·57°		0·93	0·6				
0?																
?					0·46°		0·61	0·75	0·49°		0·78	0·6				
?m					0·77°		1·04	0·73	0·51°		0·76	0·67	0·61°		1·14	0·53
m?	0·76° (1)	9%	0·58	1·3	0·58°	9%	0·54	1·0	0·54°	15%	0·65	0·8				
m	0·88°	64%	0·63	1·4	0·66°	33%	0·69	0·95	0·66°	35%	0·76	0·9	0·61°	66%	0·89	0·7
m!	0·81° (1)	9%	0·60	1·3	0·58°	9%	0·50	1·1								
!																

	XIII (30)				XIV (26)			
			D	G			D	G
0	0·29°		0·47	0·6	0·41° (1)		0·70	0·6
0?								
?	0·46°	33%	0·61	0·75	0·37°		0·53	0·7
?m					0·49°		0·60	0·8
m?	0·38° (1)	3%	0·66	0·6	0·49°	11%	0·43	1·0
m	0·49°	53%	0·48	1·0	0·48°	46%	0·47	1·0
m!								
!								

tragenden untermerklichen (vier) waren jedoch sämmtlich langsamer (G[1] = 1·0, während bei *m* dieselbe = 1·4 ist). Daher ist ein Schwellenwerth nicht zu ermitteln, jedenfalls würde 0·71° zu gross sein.

Serie II: Die gesammten und zugleich die merklichen Excursionen gehen von 0·55—0·83°, und zwar war unter diesen nur eine untermerklich. Daher ist 0·55° Schwellenwerth, jedoch ist die Bestimmung wegen ungenügender Zahl untermerklicher Werthe unvollkommen. 45 Procent der merklichen Bewegungen liegen zwischen 0·67 und 0·71°.

Serie III: Die gesammten und merklichen Bewegungen gehen von 0·49 bis 1·10°. Nicht weniger als 80 Procent derselben sind merklich, wobei noch zu bemerken ist, dass die untermerklichen sehr langsam waren (0·6 . 0·5). Daher 0·49° Schwellenwerth. 60 Procent der merklichen lagen zwischen 0·59 und 0·71°.

Serie IV: Die gesammten und merklichen Bewegungen erstrecken sich von 0·57—0·83°, und zwar machen die letzteren 80 Procent aus. Von 0·57 bis 0·63° fünf Excursionen, wovon vier merklich (0·60°). Demnach die Schwelle bei 0·60°. Von den merklichen sind 73 Procent zwischen 0·61 und 0·71°.

Serie V: Die gesammten sowie ebenso die merklichen Bewegungen liegen zwischen 0·37 und 0·96°. Von 0·37—0·49° neun Bewegungen, von welchen sieben merklich waren (0·40°). Daher bei 0·40° Schwellenwerth, während von 0·50° ab die Ausschläge absolut merklich waren. Unter den merklichen waren 77 Procent zwischen 0·43 und 0·55° gelegen.

Serie VI: Die gesammten Ausschläge gehen von 0·29—0·55°, während die merklichen von 0·45° beginnen. Excursionen von 0·45° ab wurden elf ausgeführt, von denen nur drei merklich waren. Daher ist ein Schwellenwerth nicht zu bestimmen. Hiervon ist jedoch offenbar die zu geringe Geschwindigkeit Ursache, welche im Mittel bei den untermerklichen nur 0·7—0·54, bei den merklichen 0·8 betrug, während sie in den vorhergehenden Serien 1·4 bis 1·1 war.

Serie VII: Die gesammten Excursionen gehen von 0·63—0·87°, unter welchen die merklichen bei 0·65° beginnen. Von hier ab sind 78 Procent der Bewegungen merklich, während der untermerkliche Werth 0·63° langsam (G = 0·8) verlief. Der Schwellenwerth ist daher bei 0·65°, jedoch mit der Massgabe, dass er sehr wahrscheinlich niedriger sich herausgestellt hätte, wenn kleinere Excursionen mit genügender Geschwindigkeit überhaupt zur Ausführung gelangt wären. Von den merklichen Ausschlägen lagen 66 Procent zwischen 0·65 und 0·71°.

Serie VIII: Die gesammten ebenso wie die merklichen Excursionen gehen von 0·76—0·98°, und zwar sind hiervon 73 Procent merklich. Die untermerklichen sind zum Theil langsamer. Folglich ist 0·76° Schwellenwerth, jedoch würde derselbe wahrscheinlich niedriger ausgefallen sein, wenn überhaupt kleinere Excursionen vorgenommen worden wären. Die erhebliche Sicherheit des Erfolges spricht dafür, dass die Excursionen sich noch relativ weit über den Schwellenwerth erheben.

---

[1] Geschwindigkeit.

Serie IX: Die gesammten sowie die merklichen Excursionen von 0·62 bis 1·03⁰. Die letzteren betrugen 73 Procent der gesammten. Demnach ist die Schwelle bei 0·62⁰, wobei dasselbe zu bemerken ist wie bei der vorigen Serie.

Serie X: Die gesammten und ebenso die merklichen Ausschläge von 0·33 bis 0·92⁰. Jedoch hier machten die letzteren nur 42 Procent der gesammten aus. Excursionen von 0·33—0·56⁰ wurden zwölf ausgeführt, von denen zwei merklich. Dagegen von 0·57—0·60⁰ elf Bewegungen, von denen acht merklich waren. Diese geschahen zugleich mit grösserer Geschwindigkeit als jene untermerklichen (1·0 : 0·8—0·7). Daher bei 0·57⁰ Schwelle. Von den merklichen Ausschlägen lagen 57 Procent zwischen 0·57 und 0·60⁰.

Serie XI: Während die gesammten Ausschläge sich von 0·23—0·80⁰ erstrecken, beginnen die merklichen von 0·54⁰, und zwar waren 50 Procent der von dieser Grenze ab vorgekommenen Bewegungen merklich. Von 0·54 bis 0·60⁰ zehn Bewegungen, von denen drei merklich; von 0·61—0·64⁰ vier, wovon drei merklich. Demnach ist die Schwelle bei 0·61⁰ zu setzen, wobei hervorzuheben ist, dass die Geschwindigkeit der Bewegungen in dieser Serie überhaupt etwas geringer als bei den früheren war, auch bei den merklichen, dass aber speciell die Ausschläge unterhalb 0·61⁰ grösstentheils nicht unerheblich langsamer von Statten gingen, wie ein Blick auf die Tabelle lehrt. Die Schwelle wäre andernfalls vielleicht etwas tiefer gefallen. Von den merklichen Excursionen waren 66 Procent zwischen 0·54 und 0·64⁰.

Serie XII: Die gesammten und ebenso die merklichen Excursionen gehen von 0·50—0·72⁰ und zwar betragen die letzteren 66 Procent der gesammten. Dazu kommt, dass die untermerklichen durchweg langsamer verlaufen. Auch bei den merklichen ist übrigens die mittlere Geschwindigkeit geringer als sonst (0·7). Die Schwelle ist somit bei 0·50⁰. Von den merklichen Werthen sind 50 Procent zwischen 0·59 und 0·63⁰ gelegen.

Serie XIII: Die gesammten Ausschläge gehen von 0·16—0·94⁰, unter ihnen die merklichen von 0·34⁰ ab. Von dieser Grenze ab sind 57 Procent der vorgekommenen Bewegungen merklich. Solche von 0·34—0·43⁰ kamen elf vor, von denen vier, und solche von 0·44—0·53⁰ gleichfalls elf, von denen sieben merklich waren. Allein die untermerklichen waren, wie auch die Mittelwerthe der Tabelle zeigen, langsamer. Sonach ist 0·44⁰ als Schwelle sicher eher zu hoch als zu niedrig gegriffen, vorausgesetzt eine Geschwindigkeit von 1·1.

Serie XIV: Während die gesammten Ausschläge sich von 0·29—0·56⁰ erstrecken, fangen die merklichen erst von 0·38⁰ an. Von dieser Grenze ab sind 52 Procent der vorgekommenen Bewegungen merklich, von denen 50 Procent zwischen 0·43 und 0·48 liegen. Excursionen von 0·38—0·42⁰ wurden acht gemacht, von denen eine merklich. Solche von 0·43—0·48⁰ dagegen neun, von denen sechs merklich. Demnach ist 0·43⁰ Schwellenwerth ($G = 1·1$). Von 0·48⁰ ab waren alle vorgekommenen Ausschläge merklich.

Die ermittelten Schwellenwerthe sind somit: 0·55⁰, 0·49⁰, 0·60⁰, 0·40⁰, 0.65⁰, 0·76⁰, 0·62⁰, 0·57⁰, 0·61⁰, 0·50⁰, 0·44⁰, 0·43⁰. Unter diesen waren bei der Kritik die Werthe: 0·55⁰, 0.65⁰, 0·76⁰, 0.62⁰ beanstandet worden, weil kleine Bewegungen in den betreffenden Serien nicht

in genügender Weise bez. überhaupt nicht ausgelöst worden waren. Die Geschwindigkeit war bei der Mehrzahl 1·4—1·1. Auffallend gering war sie in der XII. Serie, wo es trotzdem zu dem relativ niedrigen Schwellenwerth 0·50° kam. — Ein Grenzwerth, von welchem ab die Bewegungen absolut merklich waren, hat sich mit einiger Sicherheit nur in Serie V und XIV ermitteln lassen, wo er 0·50° und 0·48° betrug. — Bei einer Reihe von Serien bewegte sich die Mehrzahl der merklichen Ausschläge in einer gewissen engbegrenzten Zone, welche gewöhnlich etwas oberhalb des Schwellenwerthes lag. Als solche bevorzugten Excursionsbreiten haben sich ergeben: 0·67°—0·71°, 0·59°—0·71, 0·61°—0·71°, 0·43°—0·55°, 0·65°—0·71°, 0·57°—0·60°, 0·54°—0·64°, 0·59°—0·63°, 0·43—0·48°. Somit erhellt, die Resultate etwas abgerundet, dass Excursionen von 0·60° bis 0·70°, in anderen Serien solche von 0·54°—0·64° und in den bestgelungenen solche von 0·43°—0·55° die Zone der ebenmerklichen repräsentiren.

Die Verschiedenheiten in den Ergebnissen sowohl der Mittel- wie der Schwellenwerthe lassen sich dem Verständniss näher führen, wenn man die jeweiligen Umstände, sowie gewisse allgemeine Gesichtspunkte berücksichtigt. So war es eine häufig zu machende Erfahrung, dass von den beiden gewöhnlich unmittelbar hintereinander gemachten Serien einer Sitzung — eine grössere Unterbrechung fand meist nur nach zwei Serien statt — die zweite ein besseres Resultat ergab als die erste. Dies sehen wir z. B. in Serie I und II ausgesprochen. In der ersten beginnen die merklichen Bewegungen bei 0·71° und die Ausschläge über 0·70° sind nur zu 60 Procent merklich, in der zweiten beginnen die merklichen bei 0·55° und sind bis auf eine Bewegung sämmtlich merklich. Es sind somit einerseits überhaupt kleinere Locomotionen ausgelöst, d. h. nach Anweisung des empfindenden Individuums aufgegeben worden, andererseits diese besser percipirt worden, wobei die gleichmässigere Geschwindigkeit der II. Serie ihren Antheil hat. Serie III und IV zeigen mit II grosse Uebereinstimmung. Serie V weist einen kleineren m-Mittelwerth (0·53°) und einen niedrigeren Schwellenwerth als die vorigen auf (0·40°), aber in der Hauptsache nur deshalb, weil hier überhaupt kleinere Excursionen aufgegeben worden sind, denn dieselben gehen bis auf 0·37° herunter. Der Unterschied gegen Serie II, deren Mittelwerth 0·69° betrug, ist in der That sehr geringfügig, denn in ersterer sind alle Bewegungen von 0·50° ab merklich und in letzterer alle solche von 0·56° ab! Bei der nächsten (VI.) Serie werden dieselben kleinen Bewegungen ausgelöst, aber langsamer, daher die geringe Sicherheit des Erfolges (20 Procent). Jetzt macht sich, wie früher beim ersten Interphalangealgelenk, Skepticismus geltend und es werden daher in den folgenden Serien wieder erheblich grössere Ausschläge aufgegeben, von

0·62—1·03°, wenn man die Serien VII—IX zusammenfasst. Aber der Erfolg bestätigt insofern die Ergebnisse der früheren Serien, als diese grossen Excursionen fast durchweg percipirt werden. Deshalb wird in X wieder bis 0·33° heruntergegangen. Wenn der Erfolg dennoch ein wenig schlechter ist als er bereits in Serie V erreicht war, so ist daran vielleicht die etwas geringere Geschwindigkeit zum Theil Schuld. Ganz sicher hat dies Moment bei Serie XI gestaltend gewirkt, denn die Excursionen gehen hier noch weiter, bis 0·23°, herunter, sind aber bis zu 0·60° herauf erheblich langsamer als früher. Daher der grösserere Schwellenwerth und die geringere Sicherheit des Erfolges (35 Procent) bei der merklichen Excursionsbreite. Die nächste (XII.) Serie erzielt wieder als zweite der Sitzung trotz derselben Geschwindigkeit etwas bessere Resultate. Die beiden letzten Serien, in ihren Ergebnissen sehr ähnlich, zeichnen sich vor den übrigen dadurch aus, dass nicht bloss eine erhebliche Anzahl sehr kleiner Ausschläge aufgegeben, sondern diese ausserdem meist mit genügender Geschwindigkeit ausgeführt wurden. Da dieselben ferner an Versuchszahl den meisten anderen überlegen sind, so dürfen sie als am besten gelungen und ihre Ergebnisse als besonders vertrauenswürdig gelten.

Diese Erörterungen werden dazu beitragen, die Differenzen der Ergebnisse als erklärlich, ja letztere selbst als recht übereinstimmend zu befinden. Summarisch ausgedrückt bewegt sich der Schwellenwerth von 0·60° unter den besten Umständen bis 0·40° herunter, während das Gros der eben merklichen Bewegungen in die Breite von 0·50°—0·70° fällt, wobei die Geschwindigkeit 1·4—1·1, gelegentlich aber auch weniger, bis 0·7 herunter, betragen kann. — Die von dieser Breite eingeschlossenen Schwankungen sind sehr gering, denn 0·1° entspricht 6′ und 0·01° : 36″. Die Länge des Unterarms vom Ellbogen bis zur Handwurzel auf 24 cm angenommen, so würde einer Drehung im Ellbogengelenk um 1° eine lineare Verschiebung des untersten, an die Handwurzel grenzenden Punktes des Unterarms von 0·42 cm, einer Drehung um 0·1° eine Verschiebung von 0·04 cm entsprechen. Die Differenzen der resultirenden Werthe in der angegebenen Breite dürften daher mehr ein bloss statistisches Interesse, als eine wirkliche Bedeutung für den Reizvorgang haben, wobei ich die Gelenkdrehung als einen die Bewegungsempfindung auslösenden Reiz ansehe, was später bewiesen werden wird.

Spitzwinkelige Lage. (Lage 2.) (Siehe Tabelle VII.)

Der Unterarm wurde zum Oberarm in einen Winkel von 55° gestellt, so zwar, dass er nach wie vor horizontal gerichtet war. Die einzige Versuchsserie, welche angestellt wurde, weist als Mittelwerth der eben merk-

Tabelle VII.

Ellbogengelenk.

	Lage 2. XV (26)		D	G	Lage 3. XVI (28)		D	G
0	0·36°		0·73	0·5	0·30°		0·39	0·8
0?					0·34°		0·32	1·0
?	0·48°		0·52	0·9	0·39°		0·38	1·0
?*m*	0·41°		0·48	0·8	0·59°		0·66	0·9
m?	0·48°	15%	0·31	1·5	0·40° (1)	4%	0·36	1·1
m	0·53°	46%	0·53	1·0	0·64°	50%	0·46	1·4
m!					0·95° (1)		0·58	1·6
!								

lichen Bewegung 0·53° auf, bei einer Geschwindigkeit von 1·0. Wir können schon daraus, dass bei nahezu gleichen Geschwindigkeiten der *m*-Mittelwerth den Mittelwerthen der untermerklichen Kategorien so nahe steht, schliessen, dass er hart an den Schwellenwerth grenzt. Dies wird durch die folgende Erörterung bestätigt.

Serie XV: Die gesammten Excursionen gehen von 0·26—0·81°, darunter die merklichen von 0·34° ab, so zwar, dass 50 Procent derselben zwischen 0·54 und 0·65° liegen. Ausschläge von 0·34—0·53° kamen 18 vor, von denen fünf merklich waren. Solche von 0·54—0·60° wurden vier ausgeführt, wovon zwei merklich. Die oberhalb 0·60° gelegenen sind alle merklich. Hiernach ist 0·54° Schwellenwerth.

Diese Ergebnisse sind denjenigen der ersten Lage so analog, dass schon aus der einen Serie auf Gleichheit der Bewegungsempfindung geschlossen werden kann.

Stumpfwinkelige Lage (Lage 3). (Siehe Tabelle VII.)

Der Unterarm wurde zum Oberarm in einen Winkel von 140° gestellt, während er selbst wieder horizontal auf die Krücke gelagert wurde. Die einzige angestellte Serie hat bei 1.4 Geschwindigkeit den *m*-Mittelwerth 0·64° ergeben.

Serie XVI: Die gesammten Excursionen erstrecken sich von 0·19 bis 1·02°, davon die merklichen von 0·36° ab. Eine bevorzugte merkliche Zone ist nicht sicher zu ermitteln. Ausschläge von

0·36—0·40° fünf, darunter zwei merkliche;
0·41—0·45° zwei, darunter ein merklicher;
0·46—0·50° fünf, darunter zwei merkliche;
0·51—0·55° einer, merklich.

Weiterhin alle Excursionen bis auf eine merklich (neun). Demnach bei 0·45° der Schwellenwerth, während 0·51° nahezu die Grenze der absolut merklichen darstellt.

Auch diese Lage zeigt somit dieselben Verhältnisse wie die beiden vorigen.

Schwelle der Geschwindigkeit.[1]

Tabelle VIII.[2]

Ellbogengelenk.

	Lage 1.				Lage 2.	Lage 3.
	I (5) G	II (7) G	III (6) G	IV (8) G	V (19) G	VI (18) G
0	1·65° 2 0·21	2·30° 1 0·5	2·0° 2 0·21	2·31° 5 0·28	1·26° 1 0·4	1·42° 4 0·24
0?		2·30° 1 0·32	2·48° 3 0·34	2·38° 1 0·31	0·95° 2 0·23	1·75° 1 0·4
?		2·24° 1 0·41				
?m		2·16° 1 0·5			1·35° 3 0·47	1·59° 3 0·45
m?		2·50° 1 0·36		2·87° 1 0·28	1·31° 2 0·53	1·87° 2 0·63
m	2·44° 3 0·5	2·46° 2 0·7		2·58° 1 0·9	1·02° 10 0·61	1·47° 5 0·66
m :			1·86° 1 0·7		1·35° 1 1·0	1·35° 3 0·94
!						

Lage 1. Es wurden 26 Bewegungen in 4 Serien ausgeführt. Wie die Tabelle zeigt, waren die zurückgelegten Excursionen nicht alle von gleicher Grösse, wie denn die Mittelwerthe von 1.65—2.87° schwanken; allein der bei weitem grösste Theil derselben lag zwischen 2·0 und 2·50°. Die Versuchsanordnung unterschied sich nicht von der früheren. Die aus der gemessenen Dauer der Bewegung berechnete Geschwindigkeit derselben zeigt sich, wie ein Blick auf die Tabelle lehrt, in der That bei den einzelnen Kategorien der Merklichkeit als von verschiedener Grösse. Wenn bisher nach gewissen Beobachtungen, welche gelegentlich der Erörterung der Excursionsminima gemacht wurden, vermuthet werden musste, dass die Geschwindigkeit einen Einfluss auf die Merklichkeit ausübte, so wird dies hier nun sicher erwiesen. Um zu ermitteln, welcher Geschwindigkeitswerth die Grenze zwischen untermerklichen und merklichen Excursionen bildet, ist es nöthig, die Einzelwerthe zu betrachten:

[1] Die hier ausgelösten grösseren Bewegungen verliefen, wie die Betrachtung der gezeichneten Curven ergab, fast alle durchaus gleichmässig in sich selbst. Nur Anfang und Ende der Bewegung zeigten öfter Ungleichmässigkeiten und wurden dann bei der Messung ausgelassen. Hierdurch werden gewisse kleine Schwankungen in der berechneten Grösse des durchlaufenen Winkels herbeigeführt.

[2] In den Tabellen der Geschwindigkeitsschwelle bedeutet die erste Columne den durchschnittlichen Excursionswinkel, die zweite die absolute Zahl der Versuche, die dritte die durchschnittliche Geschwindigkeit.

	I. Serie	II. Serie	III. Serie	IV. Serie
0	0·15 0·28	0·5	0·17 0·25	0·2 0·2 0·22 0·3 0·5
0?		0·32	0·3 0·3 0·42	0·31
?		0·41		
?*m*		0·5		
m?		0·36		0·28
m	0·45 0·48 053	0·62 0·8		0·9
m!			0·7	

Hiernach ist etwa 0·53 der gesuchte Grenzwerth. Bei 0·3 beginnt die indifferente Sensation zu entstehen.

Lage 2. Die Excursionen wurden hier in etwas geringerer Ausdehnung gemacht, weil sonst leicht Hautsensationen an dem spitzwinkelig gebeugten Ellbogen, in der Beuge desselben entstehen. Nach den Mittelwerthen scheint es fast, dass die Schwelle hier tiefer liegt. Allein die Betrachtung der Einzelwerthe giebt ein anderes Resultat:

o : 0·4;
o? : 0·2. 0·26;
?m : 0·43. 0·47. 0·53;
m? : 0·42. 0·65;
m : 0·43. 0·47. 0·47. 0·5. 0·52. 0·55. 0·7. 0·83. 0·83. 0·83;
m! : 1·0.

Hiernach ist etwa 0·47 als Grenzwerth zu betrachten.

Lage 3. Die hier vorgenommenen Excursionen stehen zwischen denen der ersten und denen der zweiten Lage. Die Einzelwerthe sind folgende:

o : 0·2. 0·25. 0·25. 0·27;
o? : 0·4;
?m : 0·33. 0·41. 0·62;
m? : 0·55. 0·71;
m : 0·4. 0·6. 0·62. 0·77. 0·9;
m! : 0·83. 1·0. 1·0.

Hiernach ist 0·6 Schwellenwerth. Die Grenze zwischen 0 und der indifferenten Sensation dürfte zwischen 0·4 und 0·27 liegen, also wahrscheinlich mit derjenigen der Lage 1 identisch sein. Die Ergebnisse für die eben merkliche Geschwindigkeit zeigen bei den drei Lagen so geringe Differenzen, dass sie als gleich zu betrachten sind, ein Resultat, welches mit dem bei der Excursionsschwelle erhaltenen in voller Uebereinstimmung steht.

Bei gleicher Geschwindigkeit zeigte sich die Grösse der Excursion, bei gleichen Excursionen die Grösse der Geschwindigkeit als maassgebend für

die Deutlichkeit der Empfindung. Wir werden hiernach voraussetzen dürfen, dass die verschiedenen Abstufungen der Merklichkeit, Unter- und Uebermerklichkeit von beiden Factoren bestimmt werden. Eine eingehendere Betrachtung bestätigt dies in der That. Die Mittelwerthe der gänzlich unmerklichen Bewegungen (*o*) unterscheiden sich bezüglich ihrer Grösse vielfach nur wenig von den merklichen Mittelwerthen; in Serie VI ist jener diesem gleich und in VIII sogar grösser. Fast durchgängig aber sind die Geschwindigkeitsunterschiede ausgesprochen. Die mittlere Geschwindigkeit der *o*-Bewegungen betrug:

1·1:	2 Mal	0·77:	1 Mal
1·0:	1 „	0.6:	3 „
0·86:	1 „	0·5:	1 „
0·8:	3 „		

Dagegen diejenige der *m*-Bewegungen:

1·4:	3 Mal	0·95:	1 Mal
1·2:	3 „	0.9:	1 „
1·1:	2 „	0·8:	1 „
1·0:	4 „	0·7:	1 „

Hiernach bewegt sich die erstere vorzugsweise im Bereich 0·5—0·8; letztere im Bereich 1·0—1·4.

Aber in mehreren Serien hatten die merklichen Bewegungen erheblich höher eingesetzt als die untermerklichen und so finden wir auch *o*-Mittelwerthe, welche sich durch ihre Grösse wesentlich von den merklichen unterscheiden, wie in Serie XIII, XV, XVI.

In Serie XI, XIV, XVI, etwas weniger vollkommen in X, XIII und XV, finden wir von den unmerklichen bis zu den merklichen bezw. übermerklichen Bewegungen hin fortschreitend ein Zunehmen der mittleren Excursionsgrösse und zugleich eine Zunahme der mittleren Geschwindigkeit, und es ist charakteristisch, dass gerade die an Versuchen reichsten Serien dies Verhältniss am besten ausgeprägt zeigen. Dies lässt zugleich einen für das Wesen der Bewegungsempfindung bedeutungsvollen Schluss zu: Bewegungen, welche zunächst noch gar keine Empfindung entstehen lassen, geben bei wachsender Amplitude und Geschwindigkeit zuvörderst eine in der Gegend des Gelenkes localisirte, farblose Sensation, welcher sich weiterhin mehr und mehr von der Qualität der Bewegungsempfindung zugesellt, so dass bei einem gewissen Betrage von Excursion und Geschwindigkeit die letztere mit absoluter Deutlichkeit vorhanden ist. Eine Beziehung des Bewegungsgefühls zu jener Sensation ist hierdurch nahegelegt. — Die übermerklichen (*m!*) Bewegungen zeigen fast durchweg eine grössere Geschwindigkeit als die eben merklichen, während ihre Grösse nicht immer

in nennenswerther Weise die der eben merklichen überragt, ja gelegentlich sogar geringer als diese ist. Das Wirken jedes der beiden genannten Factoren lässt sich auch hier erkennen.

Oberarmgelenk.

Bei diesem, als einem freien Gelenk, vervielfältigten sich die zu lösenden Fragen, indem einerseits eine grössere Zahl von Bewegungsrichtungen als bei dem Charniergelenk, andrerseits eine grössere Zahl von verschiedenen Gelenklagen zu prüfen war. Hierzu kommt noch, dass die Haltung des bewegten Theils für sich hier zu berücksichtigende Mannigfaltigkeiten bot, wie sich zeigen wird. Als Hauptrichtungen der Bewegung wurden die dorso-volare und ihre Umkehrung sowie die radio-ulnare und ihre Umkehrung in Angriff genommen; von der Untersuchung der Rotationsbewegung ist bisher Abstand genommen worden. Diese Bewegungsrichtungen wurden bei folgenden verschiedenen Gelenklagen geprüft: 1) bei horizontal gerichtetem Oberarm, und zwar:

a) in der usuellen bequemen, vom Rumpf leicht abducirten Lage, also zwischen Sagittal- und Frontalebene;

b) in der Frontalebene, um 90^0 vom Oberkörper abducirt;

c) in der Sagittalebene;

d) in einer so weit wie möglich adducirten Lage. Die Adduction konnte wegen der räumlichen Verhältnisse des Apparates keine sehr vollständige sein; die der Prüfung unterworfene entsprach etwa der Mitte zwischen Sagittalebene und völliger Anlagerung an die Brust.

2) Ferner bei erhobenem und gesenktem Arm, beides in der Sagittalebene.

Die Haltung des Armes wurde dadurch modificirt, dass der Unterarm zum Oberarm theils gestreckt, theils rechtwinkelig gebeugt gehalten wurde.

Da der Apparat nur hebende und senkende Bewegungen gestattete, so war es nicht anders möglich, ulno-radial gerichtete Locomotionen herbeizuführen, als dadurch, dass der Oberam um seine Axe rotirt mit der ulnarwärts gelegenen Fläche auf die Krücke gelegt wurde. Dies war demnach nicht identisch mit einer von innen nach aussen gehenden Abductionsbewegung, denn wenn auch der Oberarm für sich betrachtet dieselbe Bewegung ausführte, so war doch sowohl die Muskellage wie das Lageverhältniss der beiderseitigen Gelenkflächen zu einander und die Art ihrer Verschiebung gegen einander eine andere. Bei allen Lagen wurde sorg-

fältig darauf geachtet, dass der Oberarm horizontal, resp. bei der erhobenen und gesenkten Lage, dass er senkrecht zur Richtung des Cylinders sich befand. — Die gesammten, am Oberarmgelenk behufs Ermittelung der merklichen Excursionsminima angestellten Bewegungen betrugen an Zahl 759, wozu 44 behufs Ermittelung der Schwelle der Geschwindigkeit kommen.

Schwelle der Excursion.

Tabelle IX.

Schultergelenk.

Lage 1 a.

	I (8)				II (11)				III (10)				IV (15)			
			D	*G*			*D*	*G*			*D*	*G*			*D*	*G*
0					0·43°	(1)	0·87	0·5								
0?	0·41°		1·03	0·4												
?	0·43°	(1)	0·51	0·8	0·41°	(1)	0·78	0·5	0·37°		0·94	0·4	0·22°	(1)	0·58	0·4
?*m*					0·31°	(1)	0·43	0·7	0·24°	(1)	0·43	0·5	0·18°	(1)	0·36	0·5
m?	0·48°	25%	0·76	0·6												
m	0·44°	37%	0·53	0·8	0·56°	73%	1·04	0·5	0·30°	70%	0·46	0·7	0·35°	86%	0·65	0·5
m?					0·68°	(1)	0·67	1·0					0·47°		0·47	1·0
!																

	Lage 1 a								Lage 1 b.				Lage 2.			
	V (16)				VI (10				VII (12)				VIII (12)			
			D	*G*			*D*	*G*			*D*	*G*			*D*	*G*
0					0·50°		1·09	0·46	0·28°		0·59	0·5	0·35°		1·04	0·3
0?																
?	0·54°		1·28	0·4	0·48°		1·14	0·4								
?*m*	0·66°		1·36	0·5					0·36°	(1)	0·60	0·6				
m?	0·54°	(1)	1·09	0·5									0·37°	16%	0·69	0·5
m	0·57°	50%	0·86	0·6	0·53°	60%	0·98	0·5	0·43°	75%	0·61	0·7	0·46°	75%	0·94	0·5
m!									0·56°	(1)	0·52	1·0				
!																

Lage 2.

	IX (25)				X (16)			
			D	*G*			*D*	*G*
0	0·40°		1·00	0·4				
0?	0·44°	(1)	0·99	0·4				
?	0·43°		0·75	0·6	0·45°	(1)	0·56	0·8
?*m*	0·66°	(1)	0·99	0·66				
m?	0·48°	8%	0·66	0·7	0·44°	(1) 6%	0·62	0·7
m	0·47°	56%	0·59	0·8	0·46°	87%	0·50	0·9
m!	0·55°		0·41	1·4	0·46°		0·36	1·3
!								

Lage 1a. Der Arm befindet sich in der horizontalen Ebene, in der usuellen Mittellage zwischen Sagittal- und Frontalebene, mit der Beugefläche direct nach oben gerichtet; der Unterarm ist zum Oberarm gestreckt. 70 Versuche in sechs Serien.

Es haben sich als Mittelwerthe der eben merklichen Bewegung folgende ergeben: 0·44°, 0·56°, 0·30°, 0·35°, 0·57°, 0·53°.

Die Schwellenwerthe ergeben sich aus der folgenden Erörterung:

Serie I: Die gesammten Excursionen gehen von 0·29—0·56°, die merklichen beginnen bei 0·33° und machen unter den Bewegungen von dieser Grenze ab 43 Procent aus. Jedoch sind die untermerklichen meist erheblich langsamer. Ein Schwellenwerth ist daher nicht zu bestimmen, 0·33° dürfte aber aus dem letzterwähnten Grunde nicht zu hoch gegriffen sein.

Serie II: Die gesammten Bewegungen von 0·31—0·78°, die merklichen von 0·48° ab, so zwar, dass alle vorgekommenen Excursionen (acht) von dieser Grenze ab merklich sind. Der Schwellenwerth liegt daher jedenfalls tiefer als 0·48°.

Serie III: Die gesammten und ebenso die merklichen Bewegungen von 0·20—0·45°. Unter 0·27° zwei, von denen eine merklich. 0·27° selbst ist 3 mal vorgekommen und zwar merklich; oberhalb dieses Werthes noch fünf Excursionen, von denen drei merklich. Daher ist 0·27° ($G = 0·7$) Schwellenwerth.

Serie IV: Die gesammten Ausschläge von 0·18—0·65°, die merklichen von 0·22° ab, und zwar liegen 45 Procent der letzteren zwischen 0·22 und und 0·27°. Der Werth 0·22° selbst kommt 3 mal vor, wovon zweimal merklich, während die grösseren Excursionen sämmtlich merklich sind. Also ist 0·22° Schwellenwerth ($G = 0·55$).

Serie V: Die gesammten und gleichfalls die merklichen Ausschläge von 0·41—0·72°, wobei die letzteren nur 50 Procent der gesammten ausmachen. Ein Schwellenwerth ist nicht zu bestimmen.

Serie VI: Die gesammten Bewegungen gehen von 0·39—0·57°, unter ihnen die merklichen von 0·48° ab, und zwar machen dieselben 75 Procent der überhaupt von dieser Grenze ab vorgekommenen Bewegungen aus. 0·48° würde daher als Schwellenwerth aufzufassen sein, jedoch sind die Bewegungen unterhalb 0·48° sehr langsam vor sich gegangen.

Somit ergeben sich die Schwellenwerthe: 0·27, 0·22 und annäherungsweise 0·33°; ferner 0·48° einmal als absolute Grenze der merklichen Bewegungen und einmal als Schwellenwerth mit dem Vermerk, dass die kleineren Ausschläge sehr langsam waren. Die Verschiedenheiten dieser Ergebnisse gehen Hand in Hand mit denjenigen der Mittelwerthe. Die letzteren lassen wieder eine Verbesserung der Resultate durch die Uebung erkennen. Schon die zweite Serie ist besser als die erste, denn wenn auch der m-Mittelwerth grösser ist (0·56°:0·44°), so ist eben dafür doch die

Sicherheit des Erfolges bedeutend erheblicher (73:37 %). Die sehr ähnlichen Serien III und IV bezeichnen einen wesentlichen Fortschritt, der sich in den Mittel- wie Schwellenwerthen documentirt. Eine erhebliche Verschlechterung dagegen weisen die beiden folgenden Serien auf (0·57 und 0·53°). Die Erklärung hierfür wird wahrscheinlich richtig durch eine auf dem Blatt der V. Serie vorzufindende Bemerkung gegeben; es heisst nämlich dort, dass der Unterarm die Neigung habe, sich in halbe Pronation zu stellen, so dass die Daumenseite nach oben sehe; dieser Neigung sei in den Serien I—IV nachgegeben worden, während von jetzt ab (Serie V und VI) auch der Unterarm und die Hand activ mit der Vola genau nach oben gerichtet werden, was aber unbequem sei. Es ist in der That leicht, sich davon zu überzeugen, dass diese Haltung ein spannendes unangenehmes Gefühl erzeugt und eine gewisse Unbequemlichkeit schafft. Da es mir sehr wahrscheinlich dünkt, dass hierin der Grund zu der stumpferen Bewegungsempfindung gelegen ist, so folgt hieraus zugleich, dass die Haltung der peripherischen Segmente des zu bewegenden Gliedes in der That nicht ganz gleichgültig, jedoch auch nicht von wesentlichem Einfluss ist, sondern nur von mittelbarem, insofern sie störende Sensationen verursachen kann. Uebrigens ist dies gleichzeitig ein Beispiel, welches die Richtigkeit des hier angewendeten umständlichen Verfahrens, jede Serie für sich zu betrachten, anstatt sie zu Gunsten grösserer Versuchszahlen zusammenzufassen, illustrirt.

Die gefundenen Mittelwerthe sowohl wie die Schwellenwerthe sind erheblich kleiner als beim Unterarm. Hierzu kommt, dass die Geschwindigkeit (0·8—0·5) durchweg geringer war als bei der grossen Mehrzahl der Unterarmwerthe. Dieselbe entspricht ungefähr der Geschwindigkeit der als unmerklich (*o*) bezeichneten Excursionen des Unterarms; dennoch waren die dortigen *o*-Werthe vielfach noch grösser als die hiesigen *m*-Werthe. Freilich ist es fraglich, ob Geschwindigkeitsunterschieden bei der Vergleichung verschiedener Gelenke derselbe Werth beigelegt werden darf wie bei einem und demselben. Immerhin muss man den Schluss ziehen, dass das Vermögen, passive Bewegungen zu empfinden, beim Oberarm erheblich feiner ist als beim Unterarm. Es möge hier beiläufig bemerkt werden, dass durch die Umschnürung des Gliedes seitens der Gummimanschette, sowie durch den von der Schwere des Gliedes selbst auf die Unterstützungsstelle ausgeübten Druck der peripherisch gelegene Theil stets mehr oder weniger hypaesthetisch wurde; auch kriebelnde Empfindungen wie beim „Eingeschlafensein“ wurden erweckt. Dies war beim Oberarm stets in viel höherem Grade der Fall als beim Unterarm. Dass dennoch die Bewegungsempfindung bei ersterem feiner war, ist ein Umstand, welcher auf die Bedeutungslosigkeit der Sensibilität des peripherischen Theils für

dieselbe schliessen lässt, und auf welchen wir bei der Erörterung dieser Frage noch zurückkommen werden.

Lage 1b.

Dieselbe unterscheidet sich von der vorigen bloss dadurch, dass der Unterarm rechtwinkelig gebeugt, also vertical gerichtet war. Die einzige Serie hat den *m*-Mittelwerth 0·43° (G = 0·7) ergeben.

Serie VII: Die gesammten Ausschläge gehen von 0·21—0·64°, die merklichen setzen bei 0·29° ein, und zwar sind unter den Bewegungen von dieser Grenze ab 82 Procent merklich. Von 0·29—0·36° vier Excursionen, von denen zwei merklich; die beiden untermerklichen waren aber langsamer. Demnach ist der Schwellenwerth bei 0·29° anzunehmen.

Nach diesem Ergebniss bedingt also die vorgenommene Veränderung der Haltung keinen Unterschied in der Bewegungsempfindung.

Die Unterscheidung der gebeugten und gestreckten Unterarmhaltung hat einen Bezug zu der Frage nach dem Substrat der Bewegungsempfindung, welcher hier bereits angedeutet werden möge. Man könnte aufstellen, dass für die Perception der Bewegung die Locomotion der gesammten peripherischen Theile des Gliedes insofern von Bedeutung sei, als wir aus ihrer Verschiebung auf die Bewegung schliessen; dass somit z. B. für die Wahrnehmung der Oberarmbewegung das Gefühl von der Verschiebung der Hand, überhaupt von dem Ortswechsel der peripherischen Theile des Armes von Bedeutung sei. Diese Verschiebung ist nun offenbar bei gestrecktem Arm viel grösser als bei gebeugtem. Wenn wir nun hier ermittelt haben, dass der gedachte Haltungsunterschied von keinem Einfluss auf die Bewegungsempfindung ist, so lässt dies die Bedeutsamkeit der Verschiebung der peripherischen Theile als wenig begründet erscheinen.

Lage 2.

Dieselbe unterscheidet sich von der ersten Lage lediglich dadurch, dass nicht die Beugefläche, sondern die radiale Fläche nach oben gerichtet ist, während die ulnare aufliegt. Die Gelenklage ist also insofern verändert, als der Oberarm um 90° um seine eigene Axe rotirt ist. Der Unterarm wird bequem, leicht gekrümmt, gehalten. 53 Versuche in 3 Serien.

Die Mittelwerthe der eben merklichen Excursionen sind: 0·46°, 0·47°, 0·46°.

Serie VIII: Die gesammten Ausschläge gehen von 0·29—0·56°, die merklichen von 0·33° ab, so zwar, dass von den nun folgenden Bewegungen nicht weniger als 80 Procent merklich sind. Von den merklichen liegen 62 Procent zwischen 0·47 und 0·51°. Der Schwellenwerth ist demnach bei 0.33°, jedoch würde sich wahrscheinlich noch ein niedrigerer Werth ergeben, wenn die Geschwindigkeit nicht so gering wäre, welche im Mittel 0·5 beträgt.

Serie IX: Die Ausschläge gehen von 0·35—0·66°, ebenso die merklichen, welche 56 Procent der gesammten betragen. 54 Procent der merklichen liegen zwischen 0·42 und 0·47°. Excursionen von 0·35—0·41° kamen vier vor, von denen nur eine merklich; freilich waren die drei untermerklichen langsamer. Solche von 0·42—0·47° zwölf, von denen sechs merklich, wobei wieder die untermerklichen zum Theil erheblich langsamer. Demnach 0·42° Schwellenwerth; jedoch wäre wahrscheinlich bei gleichmässigerer Geschwindigkeit ein niedrigerer Werth ermittelt worden.

Serie X: Die gesammten ebenso wie die merklichen Ausschläge von 0·37 bis 0·58°, wovon 87 Procent auf die merklichen kommen. Von letzteren sind 60 Procent zwischen 0·37 und 0·47°. Demnach 0·37° Schwellenwerth, allein er würde vielleicht tiefer gefallen sein, wenn die Excursionen noch mehr heruntergegangen wären.

Somit haben sich als Schwellenwerthe, von denen jedoch keiner den wirklichen Grenzwerth der Merklichkeit erreicht zu haben scheint, ergeben: 0·33, 0·42, 0·37°. Der grösste Theil der eben merklichen Ausschläge bewegte sich von 0·37—0·47°. Unter diesen Umständen ist ein nennenswerther Unterschied zwischen dieser und der vorigen Lage nicht zu constatiren.

Tabelle X.

Schultergelenk.

Lage 3.

	XI (8)		D	G	XII (14)		D	G	XIII (14)		D	G	XIV (17)		D	G
0					0·44°		0·62	0·7					0·24°	(1)	0·95	0·25
0?																
?	0·73°	(1)	0·68	1·0	0·53°		0·73	0·7	0·32°		0·51	0·6	0·37°	(1)	0·52	0·7
?m					0·54°		0·67	0·8	0·41°	(1)	0·54	0·8				
m?	0·55°	25%	0·76	0·7					0·34°	(1)	0·36	1·0	0·38°	12%	0·44	0·9
m	0·54°	62%	0·66	0·8	0·59°	57%	0·62	1·0	0·41°	64%	0·39	1·0	0·38°	76%	0·48	0·8
m!	0·62°	(1)	0·36	1·7									0·47°		0·42	1·1
!																

	Lage 3.				Lage 4.											
	XV (19)		D	G	XVI (9)		D	G	XVII (18)		D	G	XVIII (16)		D	G
0	0·26°		0·85	0·3	0·31°		0·58	0·5	0·37°	(1)	0·58	0·6				
0?									0·39°	(1)	0·58	0·7	0·37°	(1)	0·46	0·8
?	0·35°		0·86	0·4	0·46°	(1)	0·20	2·3	0·43°	(1)	0·68	0·6	0·43°		0·42	1·0
?m	0·33°		0·56	0·6	0·32°	(1)	0·46	0·7	0·41°		0·59	0·7				
m?	0·41°	10%	0·54	0·8					0·37°	16%	0·57	0·65	0·34°	12%	0·52	0·6
m	0·41°	42%	0·41	1·0	0·36°	44%	0·41	0·9	0·40°	55%	0·45	0·9	0·37°	56%	0·49	0·7
m!									0·50°		0·31	1·6				
!																

Lage 3.

Der Oberarm wurde um 90° vom Oberkörper abducirt, also in die Frontalebene gestellt, und zwar mit nach oben gerichteter Beugefläche. Der Unterarm befand sich gestreckt.

Durch diese Lageveränderung wurde einmal die gegenseitige Stellung der Gelenkenden verändert, ferner die Spannungsverhältnisse der Muskeln anders vertheilt und quantitativ abgeändert. Ausserdem gewinnt diese Lage, als eine von uns selten in Gebrauch gezogene, Interesse für die Frage, in wie weit die Bewegungsempfindung sich davon abhängig zeigt, ob man an eine Lage mehr oder weniger gewöhnt ist. 72 Bewegungen in 5 Serien.

Als *m*-Mittelwerthe haben sich ergeben: 0·54°, 0·59°, 0·41°, 0·38°, 0·41°, bei einer mittleren Geschwindigkeit von 1·0—0·8.

Serie XI: Die gesammten ebenso wie die merklichen Ausschläge gehen von 0·34—0·73°, wovon 62 Procent auf die merklichen kommen. Wegen der geringen Versuchszahl ist ein Schwellenwerth nicht zu bestimmen.

Serie XII: Die gesammten Ausschläge gehen von 0·36—0·73°, darunter die merklichen von 0·42° ab, und zwar betragen letztere 61 Procent der von dieser Grenze an erfolgten Bewegungen. Von 0·42—0·64° sind neun Ausschläge gemacht, von denen vier merklich, während die grösseren sämmtlich merklich sind. Somit ist ein Schwellenwerth nicht sicher zu bestimmen.

Serie XIII: Die gesammten Excursionen von 0·26—0·51°, darunter die merklichen von 0.30° an, und zwar betragen letztere 75 Procent der von dieser Grenze an vorgekommenen Bewegungen. Von 0·30—0·34° drei Bewegungen, von denen zwei merklich. Ueber 0·34° neun, von denen sieben merklich, wobei aber die beiden untermerklichen erheblich langsamer sind. Demnach ist 0·30° Schwellenwerth.

Serie XIV: Die gesammten Ausschläge von 0·24—0·49°, die merklichen von 0·31° ab; letztere machen 81 Procent der überhaupt von dieser Grenze an vorgekommenen Werthe aus. Von 0·42° an sind sämmtliche Bewegungen merklich. Hiernach ist 0·31° Schwellenwerth. Von den merklichen betragen 45 Procent 0·34—0·35°.

Serie XV: Die gesammten Bewegungen gehen von 0·24—0·53°, die merklichen von 0·30° ab, welche 53 Procent der von dieser Grenze an erfolgten Ausschläge ausmachen. Von 0·30—0·33° fünf Excursionen, von denen zwei merklich; von den untermerklichen ist aber eine sehr langsam. Von 0·34—0·38° eine, untermerklich; von 0·39—0·41° vier, davon zwei merklich; oberhalb 0·41° fünf, davon vier merklich. Demnach ist 0·39° Schwellenwerth. Von den merklichen liegen 62 Procent zwischen 0·39 und 0·47°.

Es sind somit folgende Schwellenwerthe ermittelt: 0·30°, 0·31°, 0·39°. Bei den beiden ersten Serien der Lage gelang es nicht, einen solchen zu bestimmen. Dass im Verlaufe der Prüfungen bei je einer Lage die Ergebnisse besser werden, entspricht einer schon mehrfach erwähnten Er-

fahrung. Die Werthe sind ein wenig grösser als die der ersten und ein wenig kleiner als die der zweiten Lage. Wir werden jedoch Angesichts der geringen factischen Grössen dieser Winkeldifferenzen einerseits und der Schwankungen innerhalb je einer Lage andererseits hieraus einen nennenswerthen Unterschied der Leistungsfähigkeit nicht folgern können.

Lage 4. (Siehe Tabelle X.)

Dieselbe unterscheidet sich von der vorigen lediglich dadurch, dass nicht die Beugeseite, sondern die radiale Fläche nach oben gerichtet, die ulnare aufgelegt war. Der Unterarm war gestreckt. 43 Versuche in drei Serien.

Als Mittelwerthe der eben merklichen Bewegung ergaben sich: $0 \cdot 36^0$, $0 \cdot 40^0$, $0 \cdot 37^0$, bei einer mittleren Geschwindigkeit von $0 \cdot 9$—$0 \cdot 7$.

Serie XVI: Die Ausschläge gehen von $0 \cdot 21$—$0 \cdot 46^0$; darunter die merklichen von $0 \cdot 29^0$ ab, welche 50 Procent der von dieser Grenze an vorgekommenen Bewegungen ausmachen. Wegen der Kleinheit der Versuchszahl ist ein Schwellenwerth nicht zu bestimmen.

Serie XVII: Die Excursionen gehen von $0 \cdot 29$—$0 \cdot 52^0$; ebenso die merklichen, welche 55 Procent der gesammten ausmachen. Solche von $0 \cdot 29$ bis $0 \cdot 39^0$ kamen neun vor, von denen vier merklich; aber die untermerklichen zum Theil erheblich langsamer. Oberhalb $0 \cdot 39^0$ neun Bewegungen, von welchen sechs merklich. Somit kann schon bei 0.29^0 der Schwellenwerth angenommen werden. Von den merklichen sind 50 Procent zwischen $0 \cdot 46$ und $0 \cdot 48^0$.

Serie XVIII: Die gesammten Bewegungen gehen von $0 \cdot 24$—$0 \cdot 48^0$, darunter die merklichen von $0 \cdot 31^0$ ab. Dieselben betragen 60 Procent der von dieser Grenze ab vorgekommenen Bewegungen. 66 Procent der merklichen Bewegungen liegen zwischen $0 \cdot 31$ und $0 \cdot 38^0$. Der Schwellenwerth ist bei $0 \cdot 31^0$.

Somit sind die Schwellenwerthe: $0 \cdot 29$ und $0 \cdot 31^0$. Dieselben bewegen sich, ebenso wie die Mittelwerthe, so sehr im Rahmen der Werthe der Lage 1, dass auch diese Lage bezüglich der Bewegungsempfindung den früheren gleichgesetzt werden muss.

Lage 5. (Siehe Tabelle XI.)

Der Arm wird gerade nach vorn gestreckt, so dass er sich in der Sagittalebene befindet, die Beugefläche nach oben. Der Unterarm ist in bequemer, nicht völlig gestreckter Haltung. 72 Bewegungen in 4 Serien.

Die Mittelwerthe der eben merklichen Bewegungen sind: $0 \cdot 54^0$, $0 \cdot 49^0$, $0 \cdot 47^0$, $0 \cdot 44^0$ bei einer mittleren Geschwindigkeit von $1 \cdot 0$—$0 \cdot 94$.

Serie XIX: Die Ausschläge gehen von $0 \cdot 38$—$0 \cdot 69^0$; ebenso die merklichen, welche 63 Procent der gesammten betragen. Die untermerklichen Bewegungen jedoch sind durchweg um so viel langsamer als die merklichen, dass die

Tabelle XI.

Schultergelenk.

Lage 5.

	XIX (19)		D	G	XX (18)		D	G	XXI (15)		D	G	XXII (20)		D	G
0									0·36°	(1)	1·11	0·3				
0?	0·38°	(1)	0·81	0·47	0·34°	(1)	0·48	0·7								
?	0·46°		0·98	0·47	0·30°	(1)	0·36	0·8	0·37°	(1)	0·54	0·7	0·36°	(1)	0·48	0·7
?m	0·44°		0·75	0·6									0·44°	(1)	0·72	0·6
m?					0·39°	11%	0·57	0·7	0·41°	20%	0·58	0·7	0·46°	10%	0·38	1·2
m	0·54°	63%	0·54	1·0	0·49°	77%	0·46	1·0	0·47°	66%	0·50	0·94	0·44°	80%	0·46	1·0
m!	0·56°	(1)	0·34	1·6	0·61°	(1)	0·38	1·6	0·46°	(1)	0·48	1·0	0·50°	(1)	0·26	1·9
!																

	Lage 6 a.								Lage 6 b.							
	XXIII (15)		D	G	XXIV (16)		D	G	XXV (34)		D	G	XXVI (23)		D	G
0	0·32°		0·72	0·4	0·23°		0·53	0·4	0·30°		0·57	0·5	0·26°		0·41	0·6
0?																
?	0·36°	(1)	0·50	0·7					0·38°		0·61	0·6	0·27°		0·43	0·6
?m					0·38°	(1)	0·60	0·6								
m?					0·38°	12%	0·46	0·8	0·38°	11%	0·46	0·8				
m	0·37°	80%	0·31	1·2	0·35°	76%	0·39	0·9	0·58°	47%	0·50	1·2	0·45°	70%	0·42	1·0
m!																
!																

Lage 6 c.

	XXVII (30)		D	G	XXVIII (31)		D	G
0	0·23°		0·59	0·4	0·49°		1·55	0·3
0?	0·37°		0·75	0·5	0·44°		1·10	0·4
?	0·36°		0·63	0·6	0·40°		0·80	0·5
?m	0·29°		0·46	0·6	0·53°		1·27	0·4
m?	0·34°	6%	0·75	5·45				
m	0·42°	56%	0·64	0·66	0·41°	38%	0·72	0·6
m!								
!								

Excursionsgrössen nicht mit einander verglichen werden können. Daher ist die Schwelle wahrscheinlich tiefer als bei 0·38°.

Hier trat nun ein Moment hervor, welches uns noch ausführlicher beschäftigen wird: nämlich ein Unterschied zwischen Auf- und Abwärts-Bewegungen. Erstere nämlich waren durchweg grösser als die ↓ Bewegungen, obwohl die Bewegungen beider Richtungen abwechselnd geschahen. Dies erklärt sich dadurch,

dass bei den Abwärtsbewegungen je der letzte Abschnitt der Bewegung sich sehr verlangsamte, so dass er bei der Messung ausgeschnitten wurde; dies war bei den unter positivem Druck erfolgenden Aufwärts-Bewegungen nicht der Fall und dieselben erschienen deshalb etwas grösser. Betrachtet man die $\downarrow$ Locomotionen für sich, so beträgt der Mittelwerth der eben merklichen nur 0·47 ^{0}. Natürlich trug dieser Bewegungsantheil zur Vervollständigung der Empfindung nichts bei und man könnte daher einen geringen Vorzug der Abwärtsbewegungen bezüglich der Empfindlichkeit allerdings folgern.

Serie XX: Die gesammten Excursionen gehen von 0·30—0·67 ^{0}, ebenso die merklichen, welche 77 Procent betragen. Auch hier sind die Aufwärtsbewegungen durchweg grösser. Betrachtet man die $\downarrow$-Bewegungen für sich, so ist ihr m-Mittelwerth = 0·35 ^{0}. Excursionen von 0·30—0·34 ^{0} sechs, von denen drei merklich. Ueber 0·34 ^{0} zwölf, von denen elf merklich, wobei die eine untermerkliche noch erheblich langsamer ist. Demnach ist 0·30 ^{0} Schwellenwerth.

Serie XXI: Die Bewegungen gehen von 0·36—0·61 ^{0}; unter ihnen die merklichen von 0·39 ^{0} ab, so zwar, dass sie 83 Procent der von dieser Grenze ab vorgekommenen Bewegungen ausmachen. Unterhalb 0·39 ^{0} drei Locomotionen, von denen aber zwei sehr langsam. Schwelle demnach bei 0·39 ^{0}, jedoch mit dem Vermerk, dass sie bei gleichmässigerer Geschwindigkeit der Bewegungen wahrscheinlich tiefer gefallen wäre.

Serie XXII: Die Excursionen gehen von 0·27—0·61 ^{0}, ebenso die merklichen, welche 80 Procent der gesammten ausmachen. Von 0·27—0·36 ^{0} sechs Bewegungen, von denen vier merklich. Oberhalb 0·36 ^{0} 14, von denen 12 merklich. Demnach ist 0·27 ^{0} Schwellenwerth. 56 Procent der merklichen Ausschläge liegen zwischen 0·36 und 0·48 ^{0}.

Somit haben sich die Schwellenwerthe 0·38^0, 0·30^0, 0·39^0, 0·27^0 ergeben, von denen jedoch 0·38 und 0·39^0 beanstandet wurden, weil es in den betreffenden Serien an kleineren, mit genügender Geschwindigkeit vor sich gegangenen Excursionen fehlte. Diese Ergebnisse sind ebenso wie die Mittelwerthe conform den früheren, speciell der ersten Lage. Es ist nur zu bemerken, dass die Geschwindigkeit, wie die Tabelle zeigt, hier bei der fünften Lage etwas grösser war.

Lage 6. (Siehe Tabelle XI.)

Die sechste Lage unterscheidet sich von der vorigen wieder dadurch, dass nicht die Streckfläche, sondern die innere, ulnare Fläche auf die Krücke aufgelegt wurde. Zugleich wurden hier drei verschiedene Haltungen unterschieden, nämlich: a) der Unterarm wurde leicht gekrümmt, der bequemsten Haltung entsprechend;

b) der Unterarm wurde rechtwinkelig gebeugt;

c) der Unterarm wurde so sehr wie möglich gestreckt.

Lage 6a.

31 Versuche in zwei Serien. Die m-Mittelwerthe sind: 0·37 und 0·35^0, bei einer mittleren Geschwindigkeit von 1·2—0·9.

Serie XXIII: Die gesammten Ausschläge gehen von 0·24—0·47°, die merklichen von 0·27° ab. Dieselben machen 86 Procent der von dieser Grenze an ausgeführten Bewegungen aus. Zwischen ↑ und ↓-Bewegungen zeigte sich kein Unterschied. Hiernach ist 0·27° Schwellenwerth.

Serie XXIV: Die Excursionen gehen von 0·20—0·49°, ebenso die merklichen, welche 76 Procent der gesammten ausmachen. 50 Procent der merklichen liegen zwischen 0·31 und 0·36°. Solche von 0·20—0·26° kamen drei vor, von denen eine merklich. Excursionen von 0·27° und mehr 18, von welchen 15 merklich. Demnach ist 0·27° Schwellenwerth.

Die Schwellenwerthe, beide im Betrage von 0·27°, zeigen somit in ebenso trefflicher Weise Uebereinstimmung wie die Mittelwerthe.

Lage 6b.

57 Versuche in zwei Serien. Die *m*-Mittelwerthe sind: 0·58 und 0·45°, bei einer mittleren Geschwindigkeit von 1·2—1·0.

Serie XXV: Die Excursionen gehen von 0·17—0·85°, darunter die merklichen von 0·39° ab. Dieselben betragen 73 Procent der von dieser Grenze ab vollzogenen Bewegungen. Unterhalb 0·39° zwölf Bewegungen, welche allerdings fast durchweg langsamer als die grösseren merklichen sind. Von 0·47° an sind sämmtliche (neun) Ausschläge merklich. Die Serie hat einen ausgesprochen explorativen Charakter, wie auch die erhebliche Breite der Schwankungen zeigt; es sind viele Bewegungen vorgenommen worden, welche sich weiter von der Reizschwelle entfernen. Daher entspricht auch der Mittelwerth nicht den am häufigsten vorgekommenen Beträgen; vielmehr sind 44 Procent der merklichen zwischen 0·39 und 0·46°. Der Schwellenwerth ist hiernach 0·39°.

Serie XXVI: Die Ausschläge gehen von 0·19—0·70°, die merklichen von 0·30° ab. Dieselben machen 89 Procent der von dieser Grenze ab vorgekommenen Bewegungen aus. Von 0·30—0·35° sieben Excursionen, von denen sechs merklich. Demnach Schwellenwerth = 0·30°. Von 0·40° ab sind sämmtliche (zehn) Bewegungen merklich.

Von den beiden ermittelten Schwellenwerthen 0·39 und 0·30° zeigt allerdings der erstere gegenüber Lage 6a eine Verschlechterung. Aber der zweite steht den dortigen so nahe und ausserdem liegt die Grenze der absolut merklichen Bewegungen so niedrig, dass, besonders mit Rücksicht darauf, dass beide Serien ausgesprochen explorativ waren, ein Unterschied in der Sinnesleistung nicht constatirt werden kann. Die Ursache davon, dass bei dieser Haltung, im Gegensatz zur vorigen, explorativ vorgegangen wurde, liegt darin, dass dieselbe ungleich mehr active Muskelthätigkeit erforderte, da der durch den rechtwinkelig abstehenden Unterarm bewirkten Neigung des Oberarms zur Torsion entgegengewirkt werden musste. Die Bewegungsempfindung ist unter diesen veränderten Bedingungen nicht so unmittelbar hervorgetreten wie vorher, was in der früher analysirten Weise ein probirendes Auslösen grösserer Ausschläge zur Folge hatte.

Lage 6c.

61 Versuche in zwei Serien. Die *m*-Mittelwerthe sind: 0·42 und 0·41° bei der mittleren Geschwindigkeit 0·66—0·6.

Serie XXVII: Die gesammten Ausschläge von 0·19—0·65°, die merklichen von 0·31° ab. Dieselben machen 71 Procent der von dieser Grenze ab erfolgten Bwegungen aus. Von 0·31—0·35° zehn, davon sieben merklich. Von 0·47° ab alle (freilich nur fünf) Excursionen merklich. Demnach ist 0·31° Schwellenwerth.

Serie XXVIII: Die gesammten Bewegungen von 0·20—0·60°, die merklichen von 0·24° ab. Dieselben betragen nur 40 Procent der von dieser Grenze ab vollzogenen Excursionen.

Von 0·24—0·29° vier, wovon zwei merklich;
„ 0·30—0·35° fünf, wovon zwei merklich;
„ 0·36—0·39° zwei, wovon eine merklich;
„ 0·40—0·45° vier, sämmtlich merklich.

Weiterhin nehmen die untermerklichen wieder an Häufigkeit sehr zu, aber sie sind durchweg erheblich langsamer als die merklichen. Ein Schwellenwerth ist somit nicht sicher anzugeben, allein 0·30° wird mit Rücksicht auf die Langsamkeit gerade der hierher fallenden drei untermerklichen Ausschläge nicht zu tief gegriffen sein.

Nach den Mittelwerthen sowohl wie nach den Schwellenwerthen (0·31° und annäherungsweise 0·30°) ist das Ergebniss von Haltung c denjenigen von a und b conform; jedoch die Leistungsfähigkeit könnte in Anbetracht der geringeren Geschwindigkeit noch feiner erscheinen. Es ist aber in dieser Beziehung darauf hinzuweisen, dass bei Lage 1 die Geschwindigkeit gleichfalls bis zu den hiesigen Werthen herabging und ferner, dass bei Serie XXVIII, in welcher die Geschwindigkeit noch geringer war als in der vorhergehenden, dies sich durch die Unsicherheit des Erfolges, wie vorher ausgeführt wurde, sehr deutlich zu erkennen gab.

Hiernach ist die Sinnesleistung bei Lage 6 überhaupt dieselbe wie bei den vorigen Lagen und sind die verschiedenen Haltungen des Unterarms von keinem merklichen Einfluss. Bei der sechsten Lage zeigte sich nie ein Unterschied zwischen der Auf- und Abwärtsbewegung.

Lage 7.

Bei dieser und der folgenden Lage war der Arm in der oben beschriebenen Weise möglichst adducirt, d. h. in eine Mittellage zwischen Sagittalebene und völliger Anlegung gebracht. Bei Lage 7 war zugleich die Beugefläche nach oben gekehrt. 24 Versuche in einer Serie.

Tabelle XII.

Schultergelenk.

	Lage 7.			Lage 8.		
	XXIX (24)			XXX (22)		
		D	G		D	G
0	0·26°	0·67	0·4	0·33° (1)	0·72	0·46
0?	0·30° (1)	0·52	0·6			
?	0·35° (1)	0·48	0·7	0·36°	0·62	0·6
?*m*	0·33°	0·63	0·5	0·39°	0·56	0·7
m?	0·37° (1)	0·58	0·6			
m	0·34° 66%	0·52	0·65	0·44° 59%	0·51	0·86
m!				0·49°	0·49	1·0
!						

Der erhaltene *m*-Mittelwerth ist 0.34° bei 0.65 mittlerer Geschwindigkeit.

Serie XXIX: Die gesammten und ebenso die merklichen gehen von 0·24 bis 0·45°. Die letzteren machen dabei 66 Procent der gesammten aus. Von 0.24—0·29° sieben Bewegungen, von welchen vier merklich; von 0·30 bis 0·35° neun, davon fünf merklich. Demnach liegt bei 0·24° die Schwelle. Von 0·37° ab kamen noch acht Bewegungen vor, von denen sieben merklich waren.

Dies Ergebniss ist wiederum den früheren gleich.

Lage 8.

Dieselbe unterscheidet sich von der vorigen nur dadurch, dass die ulnare Fläche aufgelegt wurde. 22 Versuche in einer Serie.

Der *m*-Mittelwerth ist 0·44° bei 0·86 mittlerer Geschwindigkeit.

Serie XXX: Die Excursionen gehen von 0·33—0·58°; die merklichen setzen bei 0·34° ein und bilden unter den Bewegungen von dieser Grenze ab 62 Procent. Von 0·34—0·40° neun, davon nur drei merkliche; von 0·41° ab noch zwölf Excursionen, von welchen zehn merklich sind. Der Schwellenwerth ist hiernach nicht deutlich zu bestimmen, er müsste zwischen 0·34 und 0·40° gelegt werden.

Auf die zwischen den beiden Lagen bestehende Differenz der Resultate dürfte kaum Werth zu legen sein, da dieselbe nicht grösser ist als die Schwankungen bei einer und derselben Lage, z. B. Lage 1, waren und das Ergebniss der Lage 8 durchaus noch in den Rahmen der dortigen fällt. Serie XXIX zeigte eben eine besonders günstige Constellation der Einzelwerthe, Serie XXX eine ungünstige; aber der Umstand, dass bei letzterer 0·41° die fast absolute Grenze der merklichen Bewegungen dar-

stellt, lässt schliessen, dass die Verhältnisse dieselben sind wie in der vorhergehenden Serie. Auch bei Lage 7 und 8 machte sich ein Unterschied der Bewegungsrichtungen nicht geltend.

Die Untersuchungen in der Horizontalebene sind damit abgeschlossen und es folgt die erhobene und die gesenkte Lage und zwar in der Sagittalebene. Zur Herstellung gleichmässiger Bedingungen der Fortbewegung war es erforderlich, auch hier die Richtung des Gliedes senkrecht zu der des Cylinderstempels zu machen, so dass letzterer nach wie vor tangential zu dem von dem Gliede zu beschreibenden Kreisbogen wirkte; zur Erzielung gleichmässiger Verhältnisse der Berechnung war es ferner nothwendig, auch hier den Faden, welcher die Bewegung auf den Schreibhebel übertrug, senkrecht zur Axe des Gliedes von demselben abzuleiten. Somit musste sowohl der Cylinder wie der die Registrirung veranlassende Rollenapparat schief gestellt werden; der Schreibhebel jedoch bewegte sich in der früheren Ebene und die Axe der Trommel blieb vertical. Bei der erhobenen Lage wurde wegen der Raumverhältnisse der Faden nicht wie sonst von der oberen, sondern von der unteren Fläche des Gliedes abgeleitet, so dass der Ausschlag des Schreibers in demselben Sinne wie der des Gliedes erfolgte.

Lage 9.

Bei dieser Lage war der Oberarm unter die Horizontale gesenkt und zwar zunächst um 20°, sodann um 35°, endlich um 45°. Stets wurde die ulnare Fläche des Arms auf die Krücke aufgelegt.

Lage 9a (20° unter der Horizontalen).

42 Versuche in 2 Serien. Die Mittelwerthe der eben merklichen Bewegung sind beide = 0·29°, bei einer mittleren Geschwindigkeit von 0·7.

Serie XXXI: Die Excursionen gehen von 0·20—0·36°, unter ihnen die merklichen von 0·28° ab, so zwar, dass sie nur 40 Procent der überhaupt von dieser Grenze ab vorgekommenen Bewegungen ausmachen. Von 0·28 bis 0·31° acht Excursionen, davon allerdings nur drei merklich, allein von den fünf untermerklichen sind drei sehr langsam. Daher ist 0·28° als Schwellenwerth anzusehen.

Serie XXXII: Die gesammten Ausschläge von 0·18—0·35°, unter ihnen die merklichen von 0·24° ab. Dieselben machen 53 Procent der überhaupt von dieser Grenze ab erfolgten Bewegungen aus. Von 0·24—0·29° erfolgten 18 Bewegungen, von denen neun merklich waren. Auch hier sind die untermerklichen fast durchweg erheblich langsamer gewesen, wie auch aus der Tabelle hervorgeht. Daher ist 0·24° als Schwellenwerth anzusehen.

Das Ergebniss der Schwellenwerthe — 0·28 und 0·24° — ist im Rahmen der bisherigen Werthe von den früheren Lagen. Auffallend ist

Tabelle XIII.

Schultergelenk.

	Lage 9 a.						Lage 9 b.					
	XXXI (13)			XXXII (29)			XXXIII (32)			XXXIV (28)		
		D	*G*		*D*	*G*		*D*	*G*		*D*	*G*
0	0·20° (1)	0·56	0·36	0·24°	0·78	0·3	0·21°	0·40	0·5			
0?	0·31° (1)	0·68	0·43	0·28° (1)	0·78	0·36						
?	0·26°	0·49	0·5	0·28°	0·55	0·5	0·24°	0·52	0·46	0·17° (1)	0·40	0·4
?*m*	0·34°	0·69	0·5	0·29°	0·62	0·4	0·24°	0·51	0·47	0·21°	0·53	0·4
m?	0·31° 15%	0·53	0·6	0·28° 7%	0·63	0·4	0·35° (1) 3%	0·44	0·8	0·34° 14%	0·49	0·7
m	0·29° 30%	0·42	0·7	0·29° 51%	0·40	0·7	0·39° 69%	0·45	0·9	0·32° 75%	0·44	0·7
m!							0·58°	0·48	1·2			
!												

Lage 9 c.

	XXXV (13)			XXXVI (26)			XXXVII (18)			XXXVIII (17)		
		D	*G*		*D*	*G*		*D*	*G*		*D*	*G*
0										0·22°	1·06	0·2
0?	0·26° (1)	0·56	0·46	0·17° (1)	0·40	0·4				0·34° (1)	0·76	0·45
?	0·21°	0·68	0·3	0·21°	0·72	0·3	0·19°	0·59	0·3	0·28° (1)	0·58	0·5
?*m*	0·20°	0·52	0·4	0·20°	0·57	0·35	0·23° (1)	0·52	0·4	0·30° (1)	0·56	0·5
m?	0·24° 23%	0·49	0·5	0·17° 27%	0·43	0·4	0·23° 11%	0·44	0·5	0·32° 35%	0·50	0·6
m	0·31° 30%	0·43	0·7	0·24° 42%	0·40	0·6	0·31° 61%	0·30	1·0	0·30° 35%	0·31	1·0
m!							0·38°	0·22	1·7	0·37° (1)	0·38	1·0
!												

die geringe Breite der Schwankungen der aufgegebenen Locomotionen, ein Zeichen, dass die Bewegungsempfindung von Anfang an deutlich genug hervortrat, um keine „orientirenden" grösseren Excursionen nothwendig zu machen. Man könnte dies auf die Zwanglosigkeit der in Rede stehenden Lage beziehen. Die geringe Breite der Schwankungen bringt es mit sich, dass die Mittelwerthe sehr klein ausgefallen sind, — allein dafür ist auch die Sicherheit des Erfolges eine wesentlich geringere, als wir sie sonst antrafen (30 und 51 %).

Lage 9b (35° unter der Horizontalen).

60 Versuche in 2 Serien. Die *m*-Mittelwerth sind: 0·39 und 0·32° bei einer mittleren Geschwindigkeit von 0·9—0·7.

Serie XXXIII: Die Ausschläge gehen von 0·17—0·62°; die merklichen setzen bei 0·28° ein und bilden unter den von dieser Grenze ab erfolgten Bewegungen 84 Procent. Von 0·28—0·31° drei Excursionen, von welchen zwei merklich; von 0·32—0·35° sieben, davon vier merklich. Demnach ist

0·28 ⁰ Schwellenwerth. Von den merklichen sind 53 Procent im Betrage von 0·34—0·39 ⁰.

Serie XXXIV: Die gesammten und gleichzeitig auch die merklichen Bewegungen gehen von 0·17—0·41 ⁰ und letztere bilden 75 Procent der gesammten.

Von 0·17—0·20 ⁰ drei, davon eine merklich;
„ 0·21—0·25 ⁰ drei, davon eine merklich;
„ 0·26—0·30 ⁰ sechs, davon fünf merklich.

Folglich ist 0·26 ⁰ Schwellenwerth. Von den merklichen Ausschlägen nehmen 76 Procent die Breite von 0·26—0·38 ⁰ ein.

Dies Ergebniss der Schwellenwerthe — 0·28 und 0·26⁰ — ist dem der Lage 9a gleich. Die Breite der Schwankungen der Excursionen war hier grösser, demgemäss auch die Mittelwerthe etwas beträchtlicher und entsprechend sicherer (69 und 75 ⁰/₀).

i
Lage 9c (45⁰ unter der Horzonta len).

74 Versuche in 4 Serien. Es haben sich als Mittelwerthe der eben merklichen Bewegung ergeben: 0·31⁰, 0·24⁰, 0·31⁰, 0·30⁰, bei einer mittleren Geschwindigkeit von 1·0—0·6.

Serie XXXV: Die Excursionen gehen von 0·15—0·34 ⁹; darunter die merklichen von 0·29 ⁰ ab, und zwar sind die von hier ab noch vorgekommenen vier Bewegungen sämmtlich merklich, während die neun unterhalb 0·29 ⁰ gelegenen Ausschläge untermerklich sind. Dieselben sind jedoch meist erheblich langsamer. Daher Schwelle bei 0·29 ⁰.

Serie XXXVI: Die gesammten Ausschläge von 0·12—0·32 ⁰, die merklichen von 0·14 ⁰ ab. Letztere machen 44 Procent der überhaupt von dieser Grenze ab vorgekommenen Bewegungen aus.

Von 0·14—0·19 ⁰ acht Excursionen, davon zwei merklich;
„ 0·20—0·22 ⁰ fünf Excursionen, davon eine merklich;
„ 0·23—0·26 ⁰ fünf Excursionen, davon drei merklich;
„ 0·27—0·29 ⁰ fünf Excursionen, davon vier merklich.

Daher ist 0·23 ⁰ Schwellenwerth. Von den merklichen liegen 64 Procent zwischen 0·23 und 0·29 ⁰.

Serie XXXVII: Die Ausschläge gehen von 0·12—0·42 ⁰, die merklichen setzen bei 0·21 ⁰ ein. Dieselben machen unter den von dieser Grenze ab erfolgten Bewegungen 73 Procent aus. Von 0·21 — 0·25 ⁰ sechs Excursionen, von denen drei merklich; von 0·26—0·29 ⁰ zwei, davon eine merklich. Oberhalb 0·27 kommen noch sieben Excursionen vor, welche sämmtlich merklich sind. Demnach ist 0·21 ⁰ als Schwellenwerth zu bezeichnen, während von 0·28 ⁰ ab die Bewegungen mit absoluter Sicherheit merklich sind. Bei dieser Serie waren die Aufwärtsbewegungen durchweg grösser als die Abwärtsbewegungen, — natürlich in so weit sie für die Messung in Betracht kamen (s. S. 419). Allein dies war auf den Mittelwerth von keinem Einfluss, da die

Abwärtsbewegungen, welche übrigens nur bis $0 \cdot 21^0$ hinaufreichten, fast sämmtlich untermerklich waren.

Serie XXXVIII: Die Excursionen geben von $0 \cdot 20 - 0 \cdot 42^0$, die merklichen von $0 \cdot 21^0$; sie bilden unter diesen nur 37 Procent. Jedoch sind die untermerklichen vielfach sehr langsam.

Von $0 \cdot 21 - 0 \cdot 25^0$ drei, davon eine merklich;
„ $0 \cdot 26 - 0 \cdot 29^0$ zwei, beide untermerklich;
„ $0 \cdot 30 - 0 \cdot 32^0$ sechs, davon drei merklich.

Daher ist $0 \cdot 30^0$ Schwellenwerth.

Die ermittelten Schwellenwerthe $0 \cdot 29^0$, $0 \cdot 23^0$, $0 \cdot 21^0$, $0 \cdot 30^0$ zeigen ebensowohl wie die Mittelwerthe genügende Uebereinstimmung. Sie entsprechen den Ergebnissen der früheren Lagen, sowie der Lage 9a und b. Auffallend ist das günstige Resultat der Serie XXXVI, trotz der geringen mittleren Geschwindigkeit ($0 \cdot 6$).

Immerhin aber muss es auffallen, dass bei der Lage 9 durchweg so günstige und übereinstimmende Resultate gefördert wurden und dass keine einzige explorative Serie vorkam. Es liegt sehr nahe, dies mit der Bequemlichkeit der Lage in Verbindung zu bringen. Der Arm näherte sich in den drei Abstufungen der 9. Lage immer mehr und mehr der gewöhnlichen herabhängenden Haltung, die mit der Erhebung einhergehenden ungewohnten Muskelspannungen verloren sich. Es ist aber wohl zu beachten, dass das Minimum perceptibile der Winkeldrehung hierdurch nicht verringert wurde, sondern dass nur die Bedingungen für die Auffassung der Bewegungsempfindung und ihre Verfolgung bis an die Grenzen der Wahrnehmbarkeit bessere waren, da sich kein niedrigerer Schwellenwerth, sondern nur eine grössere Sicherheit in der Constatirung desselben herausgestellt hat.

Lage 10.

Bei dieser Lage war der Arm über die Horizontale erhoben. Die Erhebung wurde zuerst nur auf 35^0 gebracht, wegen der technischen Schwierigkeiten, dann aber noch um 5^0 erhöht. Trotzdem dieser Unterschied sehr gering ist, glaubte ich doch, diese beiden Lagerungen getrennt behandeln zu müssen. Der Arm wurde auch hier mit der ulnaren Fläche aufgelegt.

Lage 10a (35^0 über der Horizontalen).

40 Versuche in 2 Serien. Als Mittelwerthe der eben merklichen Bewegung ergaben sich: $0 \cdot 41$ und $0 \cdot 40^0$ bei den mittleren Geschwindigkeiten $0 \cdot 8$ und $0 \cdot 5$.

Tabelle XIV.

Schultergelenk.

	Lage 10 a.								Lage 10 b.			
	XXXIX (12)				XL (28)				XLI (26)			
			D	*G*			*D*	*G*			*D*	*G*
0									0·20°		0·43	0·5
0?					0·26°		0·59	0·44	0·31°		0·58	0·5
?					0·30°		0·67	0·45	0·34°		0·56	0·6
?*m*	0·45°	(1)	0·81	0·55	0·32°		0·73	0·44	0·36°		0·64	0·56
m?	0·41°	(1)	0·87	0·5	0·34°	28%	0·71	0·5	0·44°	8%	0·57	0·8
m	0·41°	83%	0·81	0·5	0·40°	25%	0·52	0·8	0·33°	46%	0·41	0·8
m ?												
!												

Serie XXXIX: Die Excursionen, gesammte wie merkliche, gehen von 0·34 bis 0·48°. Die letzteren betragen 83 Procent der gesammten. Hiernach muss 0·34° als Schwellenwerth angesehen werden, besonders da 50 Procent der merklichen im Betrage von 0·34—0·37° sind. Es ist zu bemerken, dass die Geschwindigkeit aussergewöhnlich gering war.

Serie XL: Die gesammten Ausschläge von 0·16—0·50°, die merklichen von 0·34° ab. Unter den von dieser Grenze ab überhaupt vorgekommenen Bewegungen machen die merklichen 44 Procent aus. Excursionen von 0·34 bis 0·37° sechs, davon drei merklich; jedoch sind die untermerklichen erheblich langsamer. Als Schwellenwerth muss 0·34° betrachtet werden, jedoch mit dem Vermerk, dass er wahrscheinlich niedriger gefallen wäre, wenn die kleineren Excursionen nicht zum Theil sehr langsam gewesen wären. Von den merklichen sind 71 Procent zwischen 0·34—0·41°.

Lage 10b (40° über der Horizontalen).

26 Versuche in einer Serie. Als *m*-Mittelwerth ergab sich: 0·33° bei 0·8 Geschwindigkeit.

Serie XLI: Die gesammten Bewegungen von 0·13—0·48°, die merklichen von 0·22° ab. Letztere betragen 52 Procent der überhaupt von dieser Grenze ab vorgekommenen Bewegungen. 66 Procent derselben sind zwischen 0·33 und 0·38°. Von 0·22—0·25° kam eine Excursion vor, welche merklich war; von 0·26—0·29° fünf, davon zwei merklich, aber die drei untermerklichen waren erheblich langsamer; von 0·30—0·33° acht, von denen vier merklich. Auch hier waren die untermerklichen langsamer. Demnach kann 0·26° als Schwellenwerth betrachtet werden.

Die Lage 10b lieferte somit ein etwas besseres Ergebniss als 10a, theils wohl unter dem Einfluss der Uebung, theils unter demjenigen der etwas grösseren Geschwindigkeit. Die Schwellenwerthe 0·34°, 0·34°, 0·26°, von denen die beiden ersten noch dazu als zu hoch ausgefallen beanstandet

wurden, zeigen, dass die Sinnesleistung bei erhobenem Arm sich nicht von derjenigen bei den anderen Lagen unterscheidet. Jedoch ist immerhin im Verhältniss zur gesenkten Lage die grössere Unsicherheit der Empfindung bemerkenswerth. Man kann auch dies wieder auf die bequemere Haltung des gesenkten Armes im Vergleich zu dem erhobenen zurückführen. — Dass die drei Serien der Lage 10 trotz der anscheinenden Differenz der Schwellenwerthe doch übereinstimmend sind, geht daraus hervor, dass die Mehrzahl der merklichen Excursionen bei ihnen in denselben Bereich fällt, nämlich von 0·34—0·37°, 0·34—0·41° und von 0·33—0·38°. — Auch bei Lage 10 waren die Aufwärtsbewegungen vielfach grösser als die Abwärtsbewegungen, jedoch trat der Betrag des Unterschiedes nicht sehr hervor.

Schwelle der Geschwindigkeit.

Dieselbe wurde nur bei den drei Haupttypen der Lagerung untersucht, nämlich in der Horizontalebene, bei gesenkter und bei erhobener Lage, und zwar jedesmal in der Sagittalebene und mit aufgelegter ulnarer Fläche bei bequem — leicht gekrümmt — gehaltenem Unterarm.

Tabelle XV.
Schultergelenk.

	Lage 6 a.			Lage 9 c.			Lage 10 b.		
	I (17)		G	II (14)		G	III (13)		G
0	1·63°	1	0·25	1·09°	2	0·25	1·03°	3	0·23
0?	1·43°	1	0·19						
?							1·42°	2	0·22
?*m*	1·06°	2	0·26				1·16°	2	0·26
m?	0·84°	3	0·25	1·14°	3	0·28	1·60°	1	0·38
m	1·06°	9	0·42	1·16°	6	0·31	1·36°	5	0·44
m!				0·88°	3	0·54			
!	1·30°	1	1·6						

Lage 6a (Horizontalebene).

17 Bewegungen in einer Serie. Der Mittelwerth der Geschwindigkeit der eben merklichen Bewegungen ist 0·42. Jedoch stellt sich der Schwellenwerth noch etwas feiner.

Serie I: Die Einzelwerthe sind:

o: 0·25;
o?: 0·19;
?m: 0·25. 0·28;
m?: 0·17. 0·24. 0·33;
m: 0·3. 0·35. 0·35. 0·37. 0·4. 0·4. 0·41. 0·45. 0·77;
!: 1·6.

Hiernach ist als Schwellenwerth 0·35 zu betrachten.

Lage 9c (45° unter der Horizontalen).

14 Bewegungen in einer Serie. Der Mittelwerth der eben merklichen Geschwindigkeit beträgt 0·31. Aehnlich stellt sich der Schwellenwerth.

Serie II: Die Einzelwerthe sind:

o: 0·23. 0·28;
m?: 0·21. 0·25. 0·38;
m: 0·21. 0·25. 0·25. 0·3. 0·32. 0·55;
m!: 0·45. 0·47. 0·71.

Hiernach ist der Schwellenwerth = 0·3 zu setzen.

Lage 10b (40° über der Horizontalen).

13 Bewegungen in einer Serie. Als Mittelwerth der eben merklichen Bewegung ergiebt sich 0·44.

Serie III: Die Einzelwerthe sind:

o: 0·2. 0·23. 0·26;
?: 0·19. 0·24;
?m: 0·25. 0·28;
m?: 0·38;
m: 0·33. 0·41. 0·43. 0·45. 0·6.

Hiernach ist der Schwellenwerth bei 0·33.

Die horizontale, erhobene und gesenkte Lage stimmen hiernach in ihrem Ergebniss nahezu überein. Jedoch documentirt sich eine Praevalenz der gesenkten Lage, wenn auch nicht in dem Schwellenwerthe, so doch darin, dass Werthe wie 0·45 und 0·47 übermerklich sind (*m!*), welche bei den beiden anderen Lagen in der eben merklichen Kategorie figuriren. Dies Resultat stimmt allerdings mit den Ermittelungen über die Excursionsschwelle insofern überein, als sich auch dort, wenn auch nicht ein absolut niedrigerer Werth, so doch die niedrigsten der anderen Lagen mit besonders grosser Sicherheit ergeben hatten.

Aber kann man bei der um 40° über die Horizontale erhobenen Lage des Arms überhaupt von einer Bewegung im Oberarmgelenk sprechen? Bekanntlich ist letztere nur etwa bis zur horizontalen Lage möglich; ist diese erreicht, so geschieht die weitere Erhebung des Arms mittels Rotation des Schulterblattes um seinen inneren Winkel. Bei der Erhebung in der Sagittalebene, um welche es sich hier handelt, tritt die Scapula gleichzeitig nach der Seite, wendet sich etwas nach vorn und sucht sich so in die Ebene des Arms zu stellen, um durch ihre Drehung denselben in die Höhe zu fördern. In der neuesten Zeit ist von W. Braune und O. Fischer[1]

[1] Ueber den Antheil, den die einzelnen Gelenke des Schultergürtels an der Beweglichkeit des menschlichen Humerus haben. *Abhandlungen der math.-phys. Classe der königl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften.* 1888. Bd. XIV. Nr. VIII.

der Antheil, welchen die drei Gelenke des Schultergürtels an den Excursionen nehmen, näher bestimmt worden. Nach ihren Angaben dürfte zur Erreichung der 40° über die Horizontale erhobenen Lage in der Sagittalebene schon eine Krümmung der Wirbelsäule mitgewirkt haben. Allein man kann aus den Messungen dieser Autoren nicht folgern, dass in meinem Falle die Bewegungsfähigkeit des Humerusgelenkes schon ihr Ende gefunden haben müsste. Denn bei activer Erhebung tritt durch Muskelsynergie, schon ehe die Grenze der Humerusbewegung erreicht wird, eine Mitbewegung der Scapula ein, und es liegt auf der Hand, dass hierdurch die Hemmung, welche die Oberarmgelenksbewegung einmal durch das Anstossen der Knochentheile und ferner durch den Widerstand des M. teres major erfährt, weiter hinausgeschoben wird, so dass sie noch nicht in der Horizontalen, bez. nach Braune-Fischer bei 58°, sondern erst bei einem Zustande weiterer Erhebung eintreten wird. Wie viel dies nun ausmacht, ist bis jetzt nicht bestimmt worden, und da auch während der Versuche nicht darauf geachtet wurde, ob in der um 40° erhobenen Lage bei den passiven Bewegungen das Schulterblatt mitging oder nicht, so bin ich nicht im Stande zu sagen, ob die in Rede stehenden Locomotionen das Oberarmgelenk oder die Scapula oder beide betrafen. Wahrscheinlich ist es allerdings, dass es sich gleichzeitig um Scapulabewegungen handelte. In diesem Falle würden zwei Gelenke an den Verschiebungen betheiligt sein, nämlich einmal das Akromio-Claviculargelenk und ferner das Sterno-Claviculargelenk, von welchem nach Braune-Fischer hauptsächlich das erstere für unseren Fall in Betracht käme. Der Excursionswinkel würde natürlich ein anderer sein, als er soeben für das Schultergelenk berechnet wurde. Allein da zur Zeit das Maass der Betheiligung von Seiten jedes der in Betracht kommenden Gelenke nicht zu ermitteln ist, so möge der auf das Schultergelenk bezogene Werth stehen bleiben, welcher wenigstens die Möglichkeit gewährt, einen Vergleich mit den anderen Lagen des Arms zu ziehen. Jedenfalls aber ist hervorzuheben, dass die Angabe „40° über der Horizontalen“ hiernach kein Maass für die Veränderung der gegenseitigen Stellung der Gelenkenden im Humerusgelenk darstellt, sondern nur die Bedeutung haben kann, dass eine sehr weit gehende, nahe an die Grenze reichende Verschiebung der Gelenklage herbeigeführt sei.

Nach dieser Auseinandersetzung könnte man die bessere Sinnesleistung der gesenkten Lage auch mit dem Umstande in Zusammenhang bringen, dass hierbei die Bewegung sich lediglich auf das Schultergelenk beschränkt, während schon bei der horizontalen Lage vielleicht eine Betheiligung der Scapula vorliege. Wir müssen dies unentschieden lassen.

Das Resultat, zu welchem wir nach der Prüfung der mannigfaltigen Lageverhältnisse gelangen, ist ein sehr einfaches und mit den am Ellbogen-

gelenk gewonnenen Erfahrungen übereinstimmendes: nämlich, dass dieselben auf die Empfindung der Bewegung keinen Einfluss üben. Das, was soeben über den Vorzug der gesenkten Lage gesagt wurde, ist natürlich nicht im Stande, dies allgemeine Resumé zu verändern.

Wenn es mittels der bei jeder Serie angestellten Betrachtungen gelang, eine Grenze der Gelenkexcursion zu ziehen, welche als nothwendiger Mindestbetrag für die Auslösung einer Empfindung anzusehen war, so ging andererseits und geht noch mehr bei einem Blick auf die Mittelwerthtabellen die maassgebende Bedeutung der Geschwindigkeit hervor. Serien, bei welchen sich die Kategorien der Merklichkeit etwa nur durch die mittlere Winkelgrösse, bei gleicher Geschwindigkeit, unterschieden hätten, liegen nicht vor; dagegen zeigen viele lediglich einen Unterschied der Geschwindigkeit, während am gewöhnlichsten sowohl Winkel wie Geschwindigkeit von Stufe zu Stufe eine Steigerung erfahren. — Die übermerklichen Bewegungen entfernen sich, wie die Tabelle lehrt, meist sowohl bezüglich der Elongation wie der Geschwindigkeit mehr von den eben merklichen, als letztere von den zweifelhaften, ein Beweis, dass die *m*-Mittelwerthe hart an die Schwelle drängen, wie es ja auch bei dem Versuchsplan beabsichtigt war.

Hüftgelenk.

Als Ausgangsstellung wurde diejenige betrachtet, bei welcher der Oberschenkel sich nahezu in der directen Verlängerung des Rumpfes befindet (mit letzterem einen Winkel von annähernd 180^{0} bildet). Behufs Herstellung dieser Lage wurde der gesammte Körper, unter leichter Erhöhung des Kopfes, horizontal und zwar in gleicher Höhe mit der Krücke des Apparates gelagert. Durch Veränderungen in der Haltung des Unterschenkels wurden, wie beim Schultergelenk, Modificationen der Muskelspannungen sowie der Längenausdehnung des bewegten Theils herbeigeführt. Jedoch wurde die Reihenfolge im Vergleich zum Schultergelenk insofern umgestellt, als die gebeugte Haltung als die hier bequemere zuerst geprüft wurde. Die Aenderungen bezüglich der Gelenklage bestanden einmal darin, dass der Körper aufgerichtet wurde, so dass der Oberschenkel mit demselben einen Winkel von 90^{0}, und ferner vornübergeneigt wurde, so dass er einen solchen von 50^{0} bildete, weiterhin darin, dass die abducirte Lage des Oberschenkels geprüft wurde, und zwar betrug der Abductionswinkel, um welchen der Oberschenkel von der Längslinie des Rumpfes nach aussen abwich, 40^{0}; endlich wurde durch Rotation des Oberschenkels die Gelenkstellung verändert. Es ist kaum nöthig hervorzuheben, dass sowohl bei der liegenden wie sitzenden Position das linke Hüftgelenk, an welchem die Versuche ausschliesslich vor-

genommen wurden, in genügender Weise von der Körperlast frei gemacht wurde. — Hier konnte auch, was beim Schultergelenk nicht möglich gewesen war, die Ab- und Adductionsbewegung untersucht werden, indem nämlich der gesammte Körper auf die rechte Seite gelagert und das Bein mit der inneren Fläche auf die Krücke gelegt wurde. Freilich war die Abductionsbewegung hierbei zugleich eine hebende und die Adductionsbewegung eine senkende, ein Missstand, welcher gerade beim Oberschenkel, wie sich zeigen wird, besonders störend wurde. Auch diese Versuche wurden einmal so angestellt, dass der Oberschenkel sich in der Verlängerung des Rumpfes, und ferner so, dass er sich rechtwinkelig zu demselben befand. — Ein Umstand, welcher sich der Empfindung sehr bald unmittelbar aufdrängte, war, dass ein Gefühl von Druck bezw. Erschütterung bei diesem Körpertheil sich viel mehr geltend machte, als es bisher geschehen, namentlich bei den Aufwärtsbewegungen, bei welchen letzteren die Bewegungsempfindung daher auch viel weniger deutlich war als bei den Abwärtsbewegungen.

Schwelle der Excursion.

Lage 1. Der Körper ist fast horizontal auf den Rücken gelagert, mit leichter Erhöhung des Kopfes. Der linke Oberschenkel ruht mit der hinteren Fläche auf der Krücke, — natürlich unter Vermittelung der Gummimanschette. Der rechte Fuss steht auf dem Boden. In Lage 1a ist der Unterschenkel um 90° gegen den Oberschenkel gebeugt, hängt also herunter, während er in Lage 1b nahezu, jedoch nicht forcirt, gestreckt ist.

Lage 1a (49 Versuche in 3 Serien).

Als Mittelwerthe der eben merklichen Bewegung haben sich ergeben: 0·76°, 0·61°, 0·88°. Die Disharmonie dieser Werthe klärt sich bei der näheren folgenden Betrachtung auf.

Serie I: Die gesammten Excursionen erstrecken sich von 0·56—0·92°, während die merklichen bei 0·59° beginnen. Von dieser Grenze ab kamen noch 13 Bewegungen vor, von denen neun = 70 Procent merklich. Allein die untermerklichen sind fast durchweg ↑ Bewegungen, welche überhaupt undeutlicher für die Empfindung sind. Demnach ist 0·59° Schwellenwerth.

Serie II: Die gesammten Ausschläge von 0·47—0·76°, unter ihnen die merklichen von 0·58° ab, und zwar betragen letztere 33 Procent der überhaupt von dieser Grenze ab vorgekommenen Bewegungen. Solche von 0·58 bis 0·62° sieben, davon zwei merklich; von 0·63—0·65° vier, davon zwei merklich; weiterhin bessert sich das Verhältnis der *m* noch. Folglich ist 0·63° Schwellenwerth. Ein Missverhältniss zwischen den beiden Bewegungsrichtungen trat hier deshalb nicht hervor, weil überhaupt fast ausschliesslich ↓ Bewegungen vorgenommen wurden.

Tabelle XVI.

Hüftgelenk.

	Lage 1 a.												Lage 1 b.			
	I (14)				II (15)				III (20)				IV (16)			
			D	*G*			*D*	*G*			*D*	*G*			*D*	*G*
0									0·54°	(1)	0·48	1·1				
0?																
?	0·72°		0·71	1·0	0·60°	40%	0·38	1·6	0·74°	30%	0·43	1·7	0·50°		0·42	1·2
m?	0·76°	(1)	0·93	0·8	0·47°	(1)	0·56	0·8	0·52°	(1)	0·20	2·6				
?*m*					0·63°	26%	0·30	2·1	0·86°	15%	0·58	1·5				
m	0·76°	64%	0·34	2·2	0·61°	26%	0·28	2·1	0·88°	40%	0·49	1·8	0·60°	81%	0·28	2·1
m!	0·78°	(1)	0·36	2·2									0·80°		0·30	2·6
!																

Lage 1 b.

	V (19)				VI (24)				VII (14)				VIII (23)			
			D	*G*			*D*	*G*			*D*	*G*			*D*	*G*
0					0·36°	8%	0·19	1·8	0·47°	(1)	0·28	1·7	0·45°		0·30	1·5
0?									0·79°	(1)	0·52	1·5				
?	0·92°		0·50	1·8	0·70°	46%	0·31	2·2	0·81°	43%	0·39	2·0	0·58°		0·23	2·5
?*m*					0·72°	12%	0·31	2·3					0·90°	13%	0·35	2·6
m?	0·38°	(1)	0·12	3·1									0·58°	(1)	0·24	2·4
m	0·99°	63%	0·31	3·2	0·77°	33%	0·26	3·0	0·80°	43%	0·31	2·8	0·90°	52%	0·49	1·8
m!																
!																

Serie III: Die gesammten Bewegungen gehen von 0·47—1·03°, die merklichen setzen bei 0·59° ein und betragen 50 Procent der von dieser Grenze ab überhaupt erfolgten Ausschläge. Von 0·59—0·70° eine Bewegung (0·59°), diese ist merklich; von 0·71—0·80° eine = ?, jedoch ist diese langsamer; von 0·81—0·90° vier, davon zwei merklich. Hiernach ist 0·59° Schwellenwerth. Der ungünstigere Mittelwerth ist vielleicht zum Theil mit durch die geringere Geschwindigkeit (1·8 : 2·1 und 2·2) bedingt, steht aber hauptsächlich mit dem explorativen Charakter der Serie in Verbindung, in welcher nämlich die Ausschläge so vergrössert werden sollten, dass auch die aufwärts gerichteten deutlich würden, was übrigens nicht erreicht wurde.

Lage 1b (96 Versuche in 5 Serien.)

Die *m*-Mittelwerthe sind: 0·60°, 0·99°, 0·77°, 0·80°, 0·90°.

Serie IV: Die gesammten Ausschläge von 0·32—0·81°, die merklichen von 0·54° ab. Und zwar sind von dieser Grenze ab 15 Bewegungen vorgekommen, von denen 13 merklich; die beiden untermerklichen aber waren sehr langsam und ↑. Demnach bei 0·54° Schwelle.

Serie V: Die gesammten Bewegungen von 0·34—1·26°, die merklichen erst von 0·74° ab, trotz grösserer Geschwindigkeit als in der vorigen Serie. Unter den von dieser Grenze ab vorgekommenen Ausschlägen sind 75 Procent merklich; die untermerklichen aber sind erheblich langsamer und ↑ gerichtet. Es muss bemerkt werden, dass unterhalb 0·74° überhaupt nur drei Bewegungen vorkamen; dieser Werth ist Schwellenwerth. Die Serie ist ausgesprochen explorativ: die vorige, welcher sie unmittelbar folgte, hatte ein sehr günstiges Resultat ergeben, allein lediglich für die ↓ Bewegungen, während die ↑ gerichteten meist durch Druckgefühl gestört waren. Deshalb wurden jetzt grössere Ausschläge aufgegeben, um auch die ↑ Bewegungen „über die Schwelle zu heben", was in vereinzelten Fällen gelang. Dies erklärt zur Genüge die Disharmonie der Werthe.[1]

Serie VI: Die gesammten Bewegungen von 0·32—0·95°, die merklichen von 0·68° ab. Sie betragen 47 Procent der von dieser Grenze ab erfolgten Bewegungen, jedoch sind die untermerklichen in diesem Bereich sämmtlich ↑-Bewegungen. Hiernach ist 0·68° Schwellenwerth und zugleich für die ↓-Bewegungen Grenze der sicheren Merklichkeit; es ist aber zu beachten, dass zwischen 0·68 und 0·54° keine Ausschläge vorgekommen sind, demnach andernfalls der Schwellenwerth sehr wohl niedriger hätte ausfallen können.

Serie VII: Die gesammten Excursionen von 0·47—1·06°, die merklichen von 0·72° ab, und zwar im Betrage von 50 Procent der von dieser Grenze ab erfolgten Bewegungen. Aber auch hier wieder sind sämmtliche untermerklichen (von 0·72° ab) ↑ gerichtet; die beiden Ausschläge unterhalb 0·72° erheblich langsamer. Demnach ist der Schwellenwerth, als welcher 0·72° angesehen werden muss, hier zu beanstanden.

Serie VIII: Die gesammten Bewegungen von 0·43—1·24°, die merklichen von 0·67° ab; letztere machen 80 Procent der von dieser Grenze ab erfolgten Bewegungen aus; wiederum aber sind die untermerklichen ↑ gerichtet. Demnach ist 0·67° Schwellenwerth.

Hiernach haben sich für Lage 1a die Schwellenwerthe: 0·58°, 0·59, 0·63, für Lage 1b: 0·54°, 0·74°, 0·68°, 0·72°, 0·67° ergeben, von denen jedoch 0·74°, 0·68°, 0.72° als wahrscheinlich zu gross beanstandet wurden. Die mittleren Geschwindigkeiten betrugen bei ersterer 1·8—2·2, bei letzterer 1·8—3·2. Aber alle diese Werthe gelten lediglich für die Abwärtsbewegung, während für die entgegengesetzte ein Schwellenwerth sich nicht ermitteln liess.

Die Sinnesleistung bei den beiden Haltungen erscheint nach diesen Ergebnissen als identisch, da die Winkelwerthe sich ausserordentlich nahe

[1] Es muss bemerkt werden, dass diejenigen Bewegungen, bei welchen das Gefühl des Druckes bez. der Erschütterung vorwaltete, gar nicht in die in Rede stehenden Zahlenergebnisse aufgenommen wurden, vielmehr einer gesonderten Betrachtung unterworfen werden werden. Die Serien sind daher umfangreicher und speciell die ↑-Bewegungen zahlreicher als es nach obigen Zahlen den Anschein hat.

stehen. Auch die Geschwindigkeit bedingt keinen Unterschied, denn gerade bei denjenigen Werthen der Lage 1b, welche der Lage 1a am ähnlichsten sind (Serie IV und VIII), stimmen auch die Geschwindigkeiten in demselben Sinne überein (2·1 und 1·8), während die auffallend grossen Geschwindigkeiten der Lage 1b eben auch nur aus dem Bestreben, die ↑ Bewegungen merklich zu machen hervorgegangen und demnach für den Schwellenwerth der ↓ Bewegungen ohne Bedeutung sind. Die bei Lage 1b erheblich ausgiebigere Verschiebung des Fusses scheint somit auf die Merklichkeit der Hüftgelenksbewegungen keinen Einfluss zu haben, ein Ergebniss, welches uns nicht mehr unerwartet kommt, wenn wir uns der Verhältnisse am Arm erinnern.

Lage 2.

Der Oberkörper ist senkrecht aufgerichtet, während der Oberschenkel horizontal auf die Krücke gelagert ist. Die Sitzfläche lässt das linke Hüftgelenk frei. Es werden drei verschiedene Haltungen des Unterschenkels unterschieden: bei Lage 2a nämlich hängt derselbe senkrecht herunter, bei Lage 2b wird er in stumpfem Winkel zum Oberschenkel gehalten, jedoch nahezu gestreckt, bei Lage 2c endlich ist er völlig gestreckt.

Lage 2a (145 Versuche in 5 Serien).

Als m-Mittelwerthe haben sich die Zahlen: 0·81°, 0·97°, 0·79°, 0·88°, 0·94° ergeben; die mittleren merklichen Geschwindigkeiten liegen zwischen 2·0 und 2·8.

Serie IX: Die gesammten und ebenso auch die merklichen Ausschläge gehen von 0·56—1·12°, und zwar betragen die letzteren 54 Procent der gesammten. Die Serie ist explorativ und zeigt die Tendenz, auch die aufwärts gerichteten Bewegungen merklich zu machen. Berücksichtigt man bloss die Abwärts-Bewegungen, so ist 0·56° als Schwellenwerth zu betrachten, während oberhalb 0·63° alle vorgekommenen (Abwärts-)Bewegungen merklich waren.

Serie X; Die gesammten Excursionen von 0·27—1·40°, die merklichen setzen bei 0·54° ein. Unterhalb dieser Grenze sind zehn Ausschläge vorgekommen. Von 0·54° ab machen die merklichen 63 Procent der überhaupt vorgekommenen Bewegungen aus. Solche von 0·54—0·59° neun, wovon fünf merklich (2·0 G); weiterhin bessert sich das Verhältniss noch. Demnach ist 0·54° Schwellenwerth.

Der grosse Mittelwerth dieser Serie erklärt sich folgendermaassen: dieselbe besteht aus zwei differenten Reihen, von denen die erste, in der Tendenz, die ↑-Bewegungen über die Schwelle zu heben, fast durchweg aus grossen Ausschlägen besteht, während die zweite Reihe sich nur mit ↓-Bewegung beschäftigt. Der m-Durchschnittswerth jener ersten Reihe ist 1·19, der zweiten 0·59°. Die eben merklichen Einzelwerthe schwanken bei jener von 0·74 bis 1·40°, bei dieser von 0·54—0·67°.

Tabelle XVII.

Hüftgelenk.

Lage 2 a.

	IX (26)	D	G	X (40)	D	G	XI (33)	D	G	XII (22)	D	G
0	0·31°	0·16	1·9	0·36°	0·11	3·2	0·54°	0·30	1·8	0·68°	0·73	0·9
0?	0·38° (1)	0·10	3·8				0·88° (1)	0·68	1·3			
?	0·58°	0·39	1·5	0·63°	0·41	1·5	0·58° 42%	0·32	1·8	0·83°	0·57	1·5
?*m*	0·63°	0·43	1·5	0·54° (1)	0·22	2·4	0·63° (1)	0·22	2·9			
m?	0·52° 8%	0·17	3·0	0·81° 10%	0·44	1·9	0·79° 12%	0·46	1·7			
m	0·81° 54%	0·29	2·8	0·97° 47%	0·49	2·0	0·79° 33%	0·35	2·2	0·88° 59%	0·35	2·5
m!	1·01° (1)	0·38	2·7									
!												

	Lage 2 a.			Lage 2 b.								
	XIII (24)	D	G	XIV (17)	D	G	XV (13)	D	G	XVI (29)	D	G
0				0·25° (1)	0·40	0·6	0·52°	0·58	0·9	0·54°	0·75	0·7
0?												
?	0·94°	0·70	1·3	0·49°	0·36	1·4	0·59°	0·86	0·7	0·45°	0·40	1·1
?*m*	0·72° (1)	0·42	1·7				0·61°	0·35	1·8	0·56°	0·57	1·0
m?	0·80° 12%	0·40	2·0				0·58° (1)	0·50	1·1	0·45° 38%	0·39	1·1
m	0·94° 62%	0·46	2·0	0·61° 59%	0·32	1·9	0·64° 15%	0·58	1·1	0·54° 41%	0·40	1·3
m!	1·04°	0·27	4·0									
!												

Lage 2 c.

	XVII (37)	D	G
0	0·54° (1)	0·32	1·7
0?			
?	0·60°	0·36	1·6
?*m*	0·67°	0·40	1·6
m?	0·83° 21%	0·55	1·6
m	0·85° 35%	0·45	1·9
m!			
!			

Serie XI: Die gesammten Excursionen gehen von 0·43—0·94°, während die merklichen bei 0·56° einsetzen; unterhalb dieser Grenze sind sechs vorgekommen. Die merklichen betragen in dem Bereich von 0·56° ab 37 Procent. Bewegungen von 0·56—0·59° sind acht vorgekommen, von denen nur eine merklich; solche von 0·60—0·65° vier, davon keine merklich; solche von 0·66—0·70° drei, davon eine merklich; von 0·71—0·76° drei, davon

zwei merklich; weiterhin fast alle Ausschläge merklich. Demnach 0·71° Schwellenwerth. Dabei sind die untermerklichen keineswegs blos ↑, sondern ebenso häufig ↓ gerichtete Bewegungen. Freilich sind die untermerklichen zum Theil etwas langsamer als die merklichen. Die Ergebnisse der vorliegenden Serie sind — eine Erscheinung, welche uns nicht mehr neu ist — als Reaction gegen die auffallend günstigen Resultate der zweiten Hälfte der vorigen Serie zu betrachten.

Serie XII: Die gesammten und zugleich die merklichen Werthe gehen von 0·65—1·15°, wobei die letzteren 59 Procent der gesammten, bezw. wenn man bloss die ↓-Bewegungen berücksichtigt, 83 Procent der gesammten betragen. Der in der Tabelle verzeichnete Durchschnittswerth 0·83° bei ? kommt überwiegend auf ↑-Bewegungen. Der Werth 0·65° ist daher als Schwellenwerth anzusehen, wobei zu bemerken ist, dass oberhalb 0·67° alle überhaupt vorgekommenen Ausschläge merklich waren.

Serie XIII: Die gesammten und ebenso auch die merklichen Excursionen gehen von 0·72—1·21°, wobei die letzteren 62 Procent ausmachen. In dieser Serie war wieder stärker die Tendenz vorhanden, die ↑-Bwegungen merklich zu machen, was bei den grössten Werthen der Reihe mehrfach gelang. Betrachtet man die ↓-Bewegungen für sich, so ergiebt sich als *m*-Mittelwerth 0·88° jedoch liegen 55 Procent derselben zwischen 0·72 und 0·81°. Von 0·72—0·79° neun Excursionen, von denen vier merklich. Wenn man berücksichtigt, dass oberhalb 0·81° alle vorgekommenen ↓-Bewegungen, bis auf eine erheblich langsamere, merklich geworden, darf man wohl 0·72° als Schwellenwerth ansehen.

Lage 2b (59 Versuche in 3 Serien).

Als *m*-Mittelwerthe haben sich ergeben: 0·61°, 0·64°, 0·54°, bei den mittleren Geschwindigkeiten 1·9—1·1, — Resultate, welche sowohl wegen der günstigen Winkelwerthe, als wegen der geringen Geschwindigkeit auffallend sind.

Serie XIV: Die Einzelwerthe schwanken von 0·25—0·79°, während die merklichen bei 0·50° einsetzen. Letztere machen in diesem Bereiche, wenn man nur die ↓-Bewegungen, welche ausschliesslich merklich geworden sind, berücksichtigt, 77 Procent aus. Der Schwellenwerth ist demnach bei 0·50° anzunehmen, während von 0·67° ab alle vorgekommenen Ausschläge merklich sind.

Serie XV: Die gesammten Ausschläge (nur 13) gehen von 0·41—0·74°, von welchen nur die beiden: 0·54 und 0.74° merklich geworden sind. Dieselben machen unter den von 0·54° überhaupt erfolgten Bewegungen nur 20 Procent aus. Ein Schwellenwerth ist daher nicht zu bestimmen. Die Unsicherheit des Erfolges geht auch daraus hervor, dass 0·61° bei noch grösserer Geschwindigkeit, als die eben merkliche ist, in der Kategorie *?m* verzeichnet steht.

Serie XVI: Die gesammten Elongationen bewegen sich von 0·34—0·65°, während die merklichen bei 0·49° einsetzen und 52 Procent der in diesem Bereich erfolgten Ausschläge betragen. Von 0·49—0·52° ist die Mehrzahl der Bewegungen = *m?*, dagegen oberhalb 0·52° sind nur vier untermerkliche

vorgekommen, welche aber von geringerer Geschwindigkeit sind. Demnach ist, unter Maassgabe der Geschwindigkeit 1·1, der Schwellenwerth bei 0·53° zu setzen. In dieser Serie wurden überhaupt nur Abwärts-Bewegungen vorgenommen, mit welchem Umstande offenbar sowohl die geringe Breite der Schwankungen wie das günstige Resultat überhaupt in Zusammenhang steht.

Lage 2c (37 Versuche in 1 Serie).

Der *m*-Mittelwerth beträgt 0·85° bei 1·9 Geschwindigkit.

Serie XVII: Die gesammten Ausschläge gehen von 0·49—1·08°, während die merklichen bei 0·74° einsetzen. Der Verlauf der Serie ist sehr bezeichnend: Sie beginnt mit den kleinsten Ausschlägen, welche vorsichtig vergrössert werden, so dass erst bei dem zwölften zum ersten Mal ein merkliches Bewegungsgefühl angegeben wird. Von 0·49—0·72° sind sämmtliche Bewegungen = ?, trotzdem ihre Geschwindigkeit nur wenig unter der mittleren merklichen beträgt, wie sich dies auch in dem Durchschnittswerth 0·60° 1·6 documentirt. Von den Excursionen von 0·74° und darüber betragen die merklichen 60 Procent, während die *m?* 36 Procent und die *?m* 4 Procent ausmachen, bei nur wenig geringerer Geschwindigkeit. Demnach ist bei 0·74° der Schwellenwerth zu setzen. Auch diese Serie enthält lediglich Abwärts-Bewegungen.

Die angestellten Ermittelungen haben bei Lage 2a die Schwellenwerthe: 0·56°, 0·54°, 0·71°, 0·65°, 0·72°, bei Lage 2b: 0·50°, 0·53°, bei Lage 2c: 0·74° ergeben. Es ist zweifellos, dass hieraus ein gewisser Vorzug der Lage 2b hervorgeht, wenn derselbe auch nicht so auffallend ist, als er nach den Durchschnittswerthen erschien. Die relative Geringfügigkeit des Mittelwerthes von Serie XVI (0·54°) erklärt sich nämlich zum Theil aus dem Umstande, dass auf die Aufwärtsbewegungen verzichtet worden war. Aber auch auf den Schwellenwerth musste dies einen Einfluss äussern, da das Bestreben, merkliche Aufwärtsbewegungen herzustellen, auch die entgegengesetzt gerichteten in unnöthiger Weise vergrösserte. Hiernach lässt sich das günstige Ergebniss der Serie XVI, welches weniger durch den Schwellenwerth 0·53°, als durch die dazugehörige geringe mittlere Geschwindigkeit 1·3 imponirt, verstehen. Das Ergebniss der XIV. Serie: 0·50° bei 1·9 G. fällt nur unbedeutend aus dem Rahmen der besseren Resultate der vorhergehenden Lage 2a. Der Serie XV mit ihrer auffallend geringen Geschwindigkeit 1·1 kann keine Bedeutung beigelegt werden, weil das Eintreten merklicher Bewegungsempfindung hier mehr zufällig erscheint. Die geringe Praevalenz der Lage 2b vor der vorhergehenden ist demnach so zweiffellos aus der angegebenen Modification der Versuchsbedingungen herzuleiten, dass auch hier der grösseren Verschiebung der peripherischen Abschnitte, speciell des Fusses, wie sie ja bei der stumpfwinkeligen Haltung in der That vorhanden ist, keine Bedeutung beigelegt werden kann. Dieser Schluss gewinnt noch an Sicherheit durch

das Ergebniss der Lage 2c, bei welcher der Unterschenkel völlig gestreckt war. Allein weshalb ist diese Haltung der gebeugten unterlegen? Dass sie es ist, folgt nicht so sehr aus dem Betrag des Schwellenwerthes 0·74°, welcher sich immerhin noch an die Werthe der Lage 2a anlehnt, als aus der Erwägung: einmal, dass die Versuchsbedingungen wegen Fortlassung der Aufwärtsbewegungen ganz besonders günstige waren, und ferner, dass sämmtliche Ausschläge unterhalb 0·74° untermerklich waren, und zwar bei fast derselben Geschwindigkeit, welche die merklichen zeigten. Der Grund ist mit Sicherheit anzugeben: es ist die tetanische Starre, in welche bei der forcirten Streckung die Muskeln versetzt waren und welche sich in den vom Schreibhebel gezeichneten Linien durch leichte oscillatorische Hebungen und Senkungen andeutete. Wir müssen diesem Umstande einen störenden Einfluss beimessen, sei es nun, dass letzterer sich durch das gleichzeitige Spannungsgefühl, sei es durch die zitternden Bewegungen äusserte. — Die Lage 2 überhaupt ist bezüglich der Sinnesleistung identisch mit Lage 1.

Lage 3.

Der Körper ist, bei erhöhtem Kopf, fast horizontal gelagert, ebenso der linke Oberschenkel; derselbe ist jedoch gleichzeitig um 40° nach aussen von der Medianlinie des Körpers entfernt (abducirt). Der rechte Fuss steht auf dem Boden auf.

Es wurden zwei Haltungen des Unterschenkels unterschieden, woraus sich eine Lage 3a ergiebt, bei welcher der Unterschenkel senkrecht herabhing, und eine Lage 3b, bei welcher er gestreckt war.

Lage 3a (46 Versuche in 3 Serien).

Die *m*-Mittelwerthe sind: 1·04°, 1·06°, 0·97° bei den mittleren Geschwindigkeiten 1·9—3·0.

Serie XVIII: Die gesammten Ausschläge bewegen sich von 0.72—1·26°, darunter die merklichen von 0·95° ab. Von dieser Grenze ab sind überhaupt nahezu alle vorgekommenen Bewegungen merklich. Die untermerklichen, auch unterhalb 0·95°, haben genügende Geschwindigkeit. Die merklichen sind durchweg Abwärtsbewegungen, jedoch wurden in entgegengesetzter Richtung überhaupt nur zwei vorgenommen. Der Schwellenwerth ist somit bei 0·95°.

Serie XIX: Die gesammten Ausschläge gehen von 0·76—1·28°, die merklichen setzen bei 0·83° ein. Dieselben betragen nur 38 Procent der von dieser Grenze ab vorgekommenen Bewegungen, obwohl die Geschwindigkeit fast durchweg die gleiche war. Bei der geringen Sicherheit des Erfolges und der Verzettelung der Werthe ist ein Schwellenwerth nicht gut anzugeben; am meisten wiegen die merklichen von 1·03° ab vor und dürfte dieser daher als Näherungswerth anzusehen sein. Sämmtliche Bewegungen waren abwärts gerichtet.

Tabelle XVIII.

Hüftgelenk.

	Lage 3 a.									Lage 3 b.		
	XVIII (12)			XIX (14)			XX (20)			XXI (16)		
		D	G		D	G		D	G		D	G
0							0·92° (1)	0·46	2·0	0·86°	1·02	0·8
0?							0·52°	0·53	1·0			
?	0·81°	0·36	2·3	0·81°	0·50	1·6	0·60°	0·30	2·0	0·74° 50%	0·32	2·3
?m				1·01° 36%	0·61	0·6	0·76° (1)	0·21	3·6	0·76° 19%	0·30	2·5
m?	0·72° (1)	0·28	2·6	0·97° 14%	0·59	1·6	0·85° 25%	0·37	2·3	0·80° 12%	0·29	2·7
m	1·04° 41%	0·35	3·0	1·06° 35%	0·52	2·0	0·97° 40%	0·50	1·9			
m!												
!												

Lage 4.

	XXII (48)			XXIII (34)		
		D	G		D	G
0				0·32° (1)	0·18	1·8
0?	0·63° (1)	0·38	1·6			
?	0·68°	0·44	1·5	0·78°	0·49	1·6
?m	0·76°	0·39	1·9	0·74°	0·43	1·7
m?	0·86° 14%	0·46	1·9	0·76° 15%	0·29	2·6
m	0·94° 44%	0·45	2·1	0·79° 35%	0·31	2·5
m!						
!						

Serie XX: Die gesammten Excursionen bewegen sich von 0·49—1·24°, davon die merklichen von 0·65° ab. Unterhalb dieser Grenze sind sieben Bewegungen vorgekommen, zum Theil von genügender Geschwindigkeit. Unter den von 0·65° ab ausgelösten Locomotionen waren merklich 61 Procent. Von 0·65—0·70° eine, welche merklich; von 0·71—0·80° zwei, beide untermerklich; von 0·81—0·85° drei, sämmtlich merklich. Demnach Schwellenwerth = 0·81°, und zwar mit der Geschwindigkeit 2·4 (nicht 1·9, wie in der Tabelle; die grösseren merklichen Excursionen sind nämlich in dieser Serie von der Geschwindigkeit 1·6, die kleineren von 2·4). Die Serie enthält gleichfalls lediglich Abwärtsbewegungen.

Lage 3b (16 Versuche in 1 Serie).

m-Mittelwerth: 0·80° bei 2·7 Geschwindigkeit.

Serie XXI: Wenn wir von den drei Aufwärtsbewegungen, welche sämmtlich = *o* waren, absehen, so bewegen sich die gesammten Ausschläge von 0·63 bis 0·85°. Merkliche sind überhaupt nicht vorgekommen. Die ? gehen von 0·67—0·83° hinauf, die *?m* von 0·63—0·85°. Die zweifelhaften (*m?*) bestehen aus den beiden Werthen 0·74 und 0·85°. Dabei ist die Geschwindig-

keit ungefähr gleich und durchweg erheblich. Der Schwellenwerth wird hiernach noch ganz erheblich oberhalb 0·85^0 zu denken sein. Bei der Serie XX waren von den Ausschlägen im Betrage von 0·85^0 und darunter 31 Procent merklich, während hier in demselben Bereich keine einzige über die Schwelle gelangt ist. Demnach ist das Ergebniss der vorliegenden Serie schlechter als das der besten Serie von Lage 3 a. Freilich könnte man entgegenhalten, dass weitere Serien vielleicht auch hier eine Verbesserung herbeigeführt hätten wie bei der vorigen Haltung. Allein der störende Einfluss der forcirten Streckung, welche auch hier zu Oscillationen führte, trat schon für die unmittelbare Empfindung so deutlich hervor, dass von weiteren Prüfungen dieser Lage Abstand genommen wurde.

Die Schwellenwerthe der in Rede stehenden Lage: 0·95^0, 1·03^0, 0·81^0 zeigen unzweifelhaft, dass die Perception der Bewegung bei derselben stumpfer ist als bei den beiden vorhergehenden Lagen. Da bezüglich der Versuchsanordnung kein Unterschied vorhanden ist, auch die Geschwindigkeit nicht geringer ist, so muss in der Lage selbst das maassgebende Moment gesucht werden. Man könnte an die veränderte Gelenklage als solche, an die veränderte Betheiligung der Musculatur durch die Bewegung denken, — Fragen, welche später noch zusammenfassend erörtert werden sollen —, allein als wahrscheinlichster Grund bietet sich die Unbequemlichkeit der Lage, sowie die dadurch hervorgerufene Spannungsempfindung dar. Wir werden hierbei an eine ähnliche beim Arm gemachte Erfahrung erinnert. Dass von den drei Serien die letzte auch die beste ist, dürfte auf Gewöhnung zurückzuführen sein.

Lage 4.

Dieselbe unterscheidet sich von der vorigen bloss dadurch, dass der Körper senkrecht aufgerichtet ist, während der Oberschenkel wie vorher horizontal und um 40^0 abducirt gelagert ist. Der Unterschenkel hängt senkrecht herunter. Von der gestreckten Haltung wird abgesehen.

82 Versuche in 2 Serien· Die *m*-Mittelwerthe sind: 0·94 und 0·79^0 mit den dazugehörigen Geschwindigkeiten 2·1 und 2·5.

Serie XXII: Die gesammten und ebenso die merklichen Ausschläge gehen von 0·45—1·35^0. Letztere sind vorwiegend Abwärtsbewegungen. Betrachtet man die beiden Richtungen für sich, so schwanken die merklichen $\downarrow$ gerichteten von 0·65 bis 1·22^0 mit dem Durchschnittswerth 0·92^0, die $\uparrow$ von 0·45—1·35^0 mit dem Durchschnittswerth 1·01^0. Die merklichen Abwärtsbewegungen machen unter den von 0·65^0 ab erfolgten Elongationen 80 Procent aus. Auch die Werthe der untermerklichen Kategorien ändern sich, wenn man die $\downarrow$ herausnimmt. Der Mittelwerth der *m?* ($\downarrow$) beträgt: 0·74^0 0·38 2·0 *G* mit 13 Procent Häufigkeit (auf die gesammten $\downarrow$ berechnet), derjenige der *m?*: 0·70^0 0·32 2·2 *G* mit 9 Procent Häufigkeit, während die *m* selbst 61 Procent ausmachen. Der Schwellenwerth der $\downarrow$ ist bei 0·65^0 mit 2·0 Geschwindigkeit.

Serie XXIII: Die gesammten Locomotionen schwanken zwischen 0·32° und 0·94°, während die merklichen bei 0·68° einsetzen. Letztere sind vorwiegend ↓-Bewegungen; denn während von diesen 50 Procent merklich sind, gelangen von den ↑-Bewegungen nur 11 Procent über die Schwelle. Der Mittelwerth der merklichen ↓ beträgt 0·80°, welcher zugleich den häufigsten Einzelwerthen entspricht. Unter den von 0·68° ab (dem Beginn der merklichen ↓) vorgekommenen ↓-Bewegungen sind 70 Procent merklich. Als Schwellenwerth der ↓ ist somit 0·68° bei 2·5 Geschwindigkeit zu betrachten. Eine Bestimmung des Schwellenwerthes der ↑ ist hier, ebenso wie bei der vorigen Serie, wegen der geringen Anzahl der merklichen unmöglich.

Das Ergebniss dieser Lage nähert sich demjenigen der ersten und zweiten Lage und ist entschieden besser als das der Lage 3. Hieraus muss man schliessen, dass die abducirte Lage als solche, d. h. die Veränderung der Gelenkstellung und der Muskellagerung, ohne Einfluss ist. Man kann sich aber unschwer davon überzeugen, dass bei der aufrechten Haltung des Rumpfes die Unbequemlichkeit der abducirten Beinlage, sowie das dadurch erzeugte spannende Gefühl weit geringer sind als bei horizontaler Körperlage. Die anatomischen Verhältnisse rechtfertigen dies zur Genüge. Der Umfang der möglichen Abduction wird nämlich um so geringer, je mehr der Schenkel im Hüftgelenk gestreckt ist, und zwar in Folge der Anspannung des Lig. ileo-femorale.[1]

Tabelle XIX.

Hüftgelenk.

Lage 5.

	XXIV (30)	D	G
0			
0?	0·27° (1)	0·30	0·9
?	0·43°	0·37	1·1
?*m*	0·54°	0·33	1·6
m?	0·81° (1)	0·66	1·2
m	0·69° 46%	0·39	1·8
m !			
!			

Lage 5.

Der Rumpf wird soweit vornüber geneigt, dass der Winkel zwischen Körper und Bein 50° beträgt. Der linke Oberschenkel ist in horizontaler Richtung aufgelegt, der Unterschenkel hängt senkrecht herunter.

[1] Henle, *Handbuch der systematischen Anatomie.* Bd. I. Abthlg. 2. S. 136.

30 Versuche in 1 Serie. m-Mittelwerth: 0·69° bei 1·8 Geschwindigkeit.

Serie XXIV: Die gesammten Ausschläge gehen von 0·27 — 1·21°, die merklichen setzen bei 0·54° ein, um 70 Procent der in diesen Bereich überhaupt fallenden Bewegungen auszumachen. Von 0·54—0·63° sind 15 Excursionen vorgekommen, von denen neun merklich. Die untermerklichen sind aber zum Teil von geringerer Geschwindigkeit. Der relativ häufigste Werth ist 0·60° mit 1·8 G, aber als Schwellenwerth ist schon 0·54° mit 2·0 G anzusehen. Die verrechneten Bewegungen sind sämmtlich abwärts gerichtete, da alle entgegengesetzten eine durch Druckgefühl verschleierte Empfindung gaben.

Das Ergebniss ist somit den besten Resultaten früherer Lagen, ausser der abducirten, conform.

Tabelle XX.

Hüftgelenk.

Lage 6.

	XXV (13)			XXVI (22)		
		D	G		D	G
0	0·52°	0·38	1·4			
0?						
?	0·65°	0·40	1·6	0·65°	0·32	2·0
?m	0·92° (1)	0·56	1·6	0·81°	0·47	1·7
m?				0·70° (1)	0·36	1·9
m	0·74° 38%	0·36	2·0	0·81° 59%	0·43	1·9
m!						
!						

Lage 6.

Der Körper ist, bei erhöhtem Kopf, nicht ganz horizontal gelagert, der linke Oberschenkel um seine Axe so weit wie möglich nach innen rotirt; der Unterschenkel gestreckt.

35 Versuche in 2 Serien. m-Mittelwerthe: 0·74 und 0·81° bei den mittleren Geschwindigkeiten 2·0 und 1·9.

Serie XXV: Die gesammten Elongationen gehen von 0·48—0·95°, die merklichen von 0·63° ab. Dieselben sind lediglich ↓ gerichtete Bewegungen, während von den entgegengesetzten keine merklich wurde. Betrachtet man die Abwärtsbewegungen für sich, so sind unter den von 0·63° ab erfolgten Ausschlägen 83 Procent merklich geworden. Demnach ist 0·63° und zwar mit der Geschwindigkeit 1·6 als Schwelle zu setzen.

Serie XXVI: Die gesammten Ausschläge gehen von 0·52 — 0·94°, die merklichen setzen bei 0·63° ein. Da von den ↑-Bewegungen nur zwei über die Schwelle getreten sind, so können die ↓-Bewegungen für sich betrachtet werden. Es sind dann unter den von 0·63° ab überhaupt ausgelösten Bewegungen (14) 78 Procent (11) merklich geworden, und von 0·70° ab sämmt-

liche Ausschläge (10). Die Mittelwerthe der Kategorien gestalten sich für die ↓-Bewegungen wie folgt:

m: 0·81° 2·0 *G*,
m?: 0·70° 1·9 „
?m: 0·68° 2·0 „
?: 0·60° 2·0 „

0·63° mit 2·0 *G* ist als Schwellenwerth anzusehen.

Die Resultate der beiden Serien, übrigens auffallend übereinstimmend, bis auf die Geschwindigkeit, schliessen sich denen der früheren Lagen an.

Tabelle XXI.

Hüftgelenk.

	Lage 7 a.						Lage 7 b.					
	XXVII (18)			XXVIII (22)			XXIX (17)			XXX (18)		
		D	*G*		*D*	*G*		*D*	*G*		*D*	*G*
0	0·58°	0·41	1·4	0·77°	0·49	1·6				0·34°	0·33	1·0
0?										0·70° (1)	0·62	1·1
?	0·65°	0·48	1·4	0·86°	0·61	1·4	0·81°	0·61	1·3	0·68°	0·57	1·2
?*m*	0·71°	0·39	1·8	0·90° (1)	0·64	1·4	0·80° (1)	0·76	1·0			
m?	0·88° 17%	0·46	1·9	0·88° 18%	0·42	2·1	0·83° 12%	0·48	1·7	0·63° 17%	0·37	1·7
m	1·24° 22%	0·75	1·6	1·04° 36%	0·54	2·0	0·94° 29%	0·58	1·6	0·83° 33%	0·53	1·6
m!				1·58° (1)	0·66	2·4						
!												

Lage 7.

Der Körper ist auf die rechte Seite gelagert, der linke Oberschenkel befindet sich bei Lage 7a in der directen Verlängerung des Rumpfes und ist mit der inneren Fläche auf die Krücke aufgelegt (nach Umgebung mit der Gummimanschette). Das rechte Bein ist, um Platz zu schaffen, etwas nach vorn genommen, Der linke Unterschenkel ist nahezu gestreckt. Bei Lage 7b ist der Körper zugleich rechtwinkelig gegen das Bein gestellt, indem in der rechten Seitenlage eine Drehung des Rumpfes im Hüftgelenk um 90° vorgenommen ist.

Lage 7a (40 Versuche in 2 Serien).

m-Mittelwerthe: 1·24 und 1·04° bei den Geschwindigkeiten 1.6 und 2·0.

Serie XXVII: Betrachtet man die ↓-Bewegungen für sich, so umfassen dieselben Elongationen von 0·40—1·42°, ein Spielraum, wie er uns noch nicht begegnet ist. Der *m*-Mittelwerth der ↓ ist = 1·35° und setzt sich aus den beiden Einzelwerthen 1·28 und 1·42° zusammen. Es sind jedoch zwischen 1·28 und 0·86° gar keine Ausschläge vorgekommen. Hiernach ist ein

Schwellenwerth nicht anzugeben; dass derselbe jedoch erheblich unter dem Mittelwerth liegt, geht daraus hervor, dass der Durchschnittswerth der zweifelhaften Empfindungen (*m?*) bei den ↓ 0·64° beträgt, und wie wir vielfach erfahren haben, steht der Schwellenwerth dem Mittelwerth der *m?* nahe. — Eben so wenig ist für die ↑, von welchen zwei merkliche Bewegungen im Betrage von 0·88 und 1·44° vorliegen, ein Schwellenwerth zu ermitteln.

Serie XXVIII: Die abwärts gerichteten Bewegungen gehen von 0·70 bis 1·58°, die merklichen von 0·74° ab. Ihr Mittelwerth beträgt 0·94° bei 2·0 *G*. Sie machen unter den von 0·74° ab erfolgten Bewegungen 50 Procent aus, und zwar kamen zwischen 0·74 und 0·81° sechs Ausschläge vor, von denen drei merklich waren. Die oberhalb 0·95° gelegenen sind durchweg merklich gewesen. Hiernach ist 0·74° bei 2·0 *G* als Schwellenwerth anzunehmen. Von den sieben ↑-Bewegungen der Serie war nur eine merklich.

Beide Serien sind ausgesprochen explorativ und zeigen das Bestreben, die Aufwärtsbewegungen über die Schwelle zu heben. Bezüglich des Schwellenwerthes 0·74° der letzten Serie ist zu erinnern, dass wir auch bei der vorhergehenden zu dem Schluss gekommen waren, dass der Schwellenwerth wahrscheinlich in der Nähe von 0·64° liege.

Lage 7b (35 Versuche in 2 Serien).

m-Mittelwerthe: 0·94 und 0·83° bei der mittleren Geschwindigkeit 1·6.

Serie XXIX: Die ↓-Bewegungen für sich betrachtet, gehen von 0·54 bis 1·04°, und zwar die merklichen von 0·79° an; der Mittelwerth der letzteren beträgt 0·92°. Unter den von 0·79° ab überhaupt ausgeführten ↓-Bewegungen machen die merklichen 66 Procent aus; die untermerklichen sind noch dazu zum Theil langsamer. Der Schwellenwerth ist daher = 0·79° bei 1·6 *G*. Von den acht ↑-Bewegungen der Serie ist nur eine merklich geworden.

Serie XXX: Die ↓-Bewegungen für sich betrachtet, durchlaufen die Werthe 0·29 — 0·88°, die merklichen setzen jedoch erst bei 0·70° ein. Ihr Mittelwerth beträgt 0·81°. Unter den von 0·70° ab erfolgten Bewegungen betragen die merklichen 83 Procent, nämlich fünf von sechs; die eine untermerkliche ist noch dazu erheblich langsamer. Demnach ist 0·70° Schwellenwerth bei 1·5 Geschwindigkeit. Von den fünf Aufwärtsbewegungen dieser Serie war nur eine merklich.

Hiernach stimmen die Ergebnisse der Lage 7a und b genügend überein. Es ist demnach die gestreckte, resp. rechtwinkelig gebeugte Lage des Oberschenkels wiederum ohne Bedeutung für die Sinnesleistung. Letztere erscheint aber bei Lage 7 überhaupt entschieden minderwerthig gegenüber den meisten früheren Lagen. Es muss jedoch als fraglich hingestellt werden, ob diese Verschlechterung der Adductionsbewegung als solcher — über die Abductionsbewegung konnte nichts ermittelt werden, weil dieselbe zugleich aufwärts gerichtet war — oder der Ungewohntheit und Unbequemlichkeit der Lage beizumessen ist; denn immerhin ist der Unterschied der hier und früher gewonnenen Ergebnisse nur ein sehr geringfügiger

und es dürfte kaum zu vertreten sein, hieraus ein wirklich geringeres Empfindungsvermögen für die Seitwärtsbewegung des Beines zu folgern.

Die vorstehenden Erörterungen, sowie die Tabellen lassen auch beim Hüftgelenk, wie früher, ebenso den Einfluss der Winkelgrösse wie der Geschwindigkeit auf die Ausprägung der Bewegungsempfindung erkennen. Ein Beispiel für die Bedeutung der ersteren war bei Lage 5, Serie XXVI gegeben, wo sich bei gleicher Geschwindigkeit die Kategorien lediglich durch verschiedene Grösse des mittleren Winkels unterschieden. Andererseits bildete mehrfach unter Ausschlägen von gleicher Grösse die Geschwindigkeit das entscheidende Moment für die Merklichkeit.

Schwelle der Geschwindigkeit.

Die Untersuchungen über die Geschwindigkeitsschwelle wurden beim Hüftgelenk in ganz besonders reichhaltiger Weise angestellt. In den tabellarischen Zusammenstellungen, sowie den folgenden Erörterungen, werden die beiden entgegengesetzten Bewegungsrichtungen für sich getrennt behandelt.

Tabelle XXII.

Hüftgelenk.

	Lage 1 b.		Lage 2 a.		
↓	I (8) *G*	II (8) *G*	III (7) *G*	IV (8) *G*	V (6) *G*
0			1·42° 2 0·2	0·77° 2 0·19	
0?		1·04° 1 0·3			
?		1·76° 1 0·4		1·13° 3 0·21	
?*m*		0·90° 1 0·25			
m?				1·73° 1 0·3	1·93° 2 0·18
m	1·48° 4 0·6	1·37° 5 0·6	1·48° 4 0·4	1·57° 2 0·5	2·09° 2 0·26
m!	1·67° 4 1·3		2·07° 1 0·5		2·07° 2 0·5
!					
↑	I (7) *G*	II (6) *G*	III (7) *G*	IV (7) *G*	V (4) *G*
0					1·97° 1 0·2
0?					
?	1·94° 2 0·5	1·78° 2 0·5	1·82° 2 0·33	1·89° 1 0·4	2·11° 1 0·24
?*m*	1·51° 2 0·66				
m?	1·98° 1 1·0	1·85° 2 1·0	2·65° 2 0·4		
m	1·94° 2 1·8	1·93° 2 1·2	1·95° 3 0·6	2·18° 6 0·44	2·14° 2 0·35
m!					
!					

↓	Lage 3 a.		Lage 4.		Lage 5.
	VI (7) G	VII (5) G	VIII (6) G	IX (5) G	X (13) G
0				0·94^0 2 0·16	
0?				2·09^0 1 0·22	
?	1·33^0 2 0·4	1·17^0 1 0·5			2·09^0 2 0 33
?*m*					2·40^0 1 0·45
m?	1·55^0 1 0·35		1·42^0 2 0·26	2·38^0 1 0·35	2·09^0 4 0·5
m	1·87^0 3 0·6	1·51^0 3 0·8	1·93^0 3 0·35		2·38^0 2 0·66
m !	0·92^0 1 1·2	1·86^0 1 1·2	2·38^0 1 1·6	2·50^0 1 0·7	2·25^0 4 0·86
!					

↑	VI (4) G	VII (5) G	VIII (5) G	IX (4) G	
0		1·85^0 1 0·4	2·50^0 1 0·19	2·41^0 1 0·26	
0?				2·45^0 1 0·3	
?	1·88^0 2 0·5	1·67^0 2 0·55		2·38^0 1 0·26	
?*m*			1·82^0 2 0·36		
m?	2·0^0 1 0·5	1·73^0 1 0·6	2·03^0 1 0·4		
m	2·02^0 1 0·6	1·91^0 1 1·2	2·36^0 1 0·5	1·93^0 1 0·4	
m !					
!					

↓	Lage 6.		Lage 7 a.		Lage 7 b.	
	XI (6) G	XII (5) G	XIII (5) G	XIV (7) G	XV (5) G	XVI (6) G
0				1·62^0 1 0·3		
0?						
?		1·69^0 1 0·22	1·17^0 1 0·3	1·78^0 1 0·4	1·39^0 3 0·4	1·71^0 1 0·43
?*m*		1·28^0 1 0·3	1·62^0 1 0·4			
m?			1·53^0 1 0·3	1·67^0 1 0·36	1·78^0 1 0·4	1·33^0 1 0·45
m	1·58^0 5 0·5	1·48^0 2 0·5	1·40^0 2 0·4	1·46^0 4 0·7		1·66^0 4 0·8
m !	0·70^0 1 1·4					
!		1·62^0 1 1·1			1·60^0 1 2·5	

↑	XI (6) G	XII (4) G	XIII (5) G	XIV (4) G	XV (4) G	XVI (5) G
0		1·46^0 1 0·22	0·88^0 4 0·3			
0?		1·66^0 1 0·4				
?	1·26^0 1 0·36	1·03^0 1 0·3	1·57^0 1 0·3	1·30^0 1 0·4	1·33^0 3 0·44	1·67^0 2 0·66
?*m*	1·69^0 1 0·45	1·50^0 1 0·36		1·30^0 1 0·5		1·71^0 1 0·7
m?				1·40^0 1 0·45		1·82^0 1 0·9
m	1·37^0 4 0·44			1·15^0 1 0·66	1·21^0 1 1·1	1·50^0 1 0·8
m !						
!						

Lage 1b. (Hüftgelenk nahezu 180°, Unterschenkel gestreckt.)

16 ↓ und 13 ↑ Bewegungen in 2 Serien. Die *m*-Mittelwerthe der ↓ sind übereinstimmend 0·6, die der ↑ 1·8 und 1.2. Die Schwellenwerthe ergeben sich aus der Darlegung der Einzelergebnisse:

↓ Serie I:

m: 0·45. 0·5. 0·76. 0·9;
m!: 1·0. 1·1. 1·2. 2·0.

Serie II:

o?: 0·3;
?: 0·4;
?m: 0·25;
m: 0·36. 0·6. 0·76. 0·76. 1·1.

Hiernach liegt der Schwellenwerth etwa zwischen 0·36 und 0·45.

↑ Serie I:

?: 0·35. 0·66;
?m: 0·45. 1·1;
m?: 1·0;
m: 1·6. 2·0.

Serie II:

?: 0·46. 0·54;
m?: 1·0. 1·1;
m: 1·1. 1·4.

Es ist deutlich, dass 1·1 auf der Grenze steht.

Das hier ermittelte Factum, dass die Geschwindigkeit bei den Aufwärtsbewegungen grösser sein muss, um merklich zu werden, als bei den Abwärtsbewegungen, steht in Uebereinstimmung mit der früher gemachten Erfahrung, dass die eben merkliche Winkeldrehung bei ersteren einen grösseren Betrag haben muss.

Lage 2a. (Hüftgelenk 90°, Unterschenkel hängend).

21 ↓ und 18 ↑ Bewegungen in 3 Serien. Die *m*-Mittelwerthe der ersteren sind: 0.4, 0·5, 0·26, die der letzteren: 0·5, 0·44, 0·34.

↓ Serie III:

o: 0·19. 0·21;
m: 0·3. 0·35. 0·44. 0·66;
m!: 0·5.

Serie IV:

o: 0·18. 0·2;
?: 0·2. 0.2. 0·24;
m?: 0·3;
m: 0·44. 0·54.

Serie V:

m?: 0·18. 0·19;
m: 0·25. 0·28;
m!: 0·4. 0·65.

Der Schwellenwerth ist hier offenbar 0·3—0·25. Es muss auffallen, dass die Werthe von Serie V kleiner sind als die der beiden vorhergehenden Serien. Wahrscheinlich hängt dies damit zusammen, dass die gewählte Winkeldrehung hier grösser war; es wird sich nämlich später herausstellen, dass der Einfluss der Geschwindigkeit auf das Merklichwerden der Empfindung nicht unabhängig von der Grösse der Excursion ist.

↑ Serie III:

?: 0·37. 0·3;
m?: 0·34. 0·47;
m: 0·33. 0·6. 0·85.

Serie IV:

?: 0·4;
m: 0·34. 0·34. 0·36. 0·47. 0·5. 0·6.

Serie V:

o: 0·2;
?: 0·24;
m: 0·3. 0·4.

Als Schwellenwerth ist hiernach etwa 0·34 aufzufassen.

Bei dieser Lage ist somit ein nennenswerther Unterschied zwischen den beiden Bewegungsrichtungen nicht vorhanden. Das Ergebniss ist auffallender Weise besser als bei Lage 1b, obwohl gelegentlich der Prüfung der Excursionsschwelle sich kein Unterschied herausgestellt hatte.

Lage 3a. (Hüftgelenk nahezu 180°. Oberschenkel um 40° abducirt. Unterschenkel hängend).

12 ↓ und 9 ↑ Bewegungen in 2 Serien. Die *m*-Mittelwerthe der ersteren sind: 0·6 und 0·8, der letzteren: 0·6 und 1·2.

↓ Serie VI:

?: 0·5. 0·3;
m?: 0·35;
m: 0·55. 0·55. 0·62;
m!: 1·2.

Serie VII:

?: 0·5;
m: 0·55. 0·9. 1·0;
m!: 1·2.

Hiernach ist 0·55 Schwellenwerth.

↑ Serie VI:

?: 0·5. 0·5;
m?: 0·5.
m: 0·6.

Serie VII:

o: 0·4;
?: 0·55. 0·55;
m?: 0·6;
m: 1·2.

Der Schwellenwerth ist hiernach bei 0·6 anzunehmen; jedenfalls nicht niedriger.

Demnach zeigt auch diese Lage nur eine ganz unbedeutende Differenz zwischen den beiden Bewegungsrichtungen zu Ungunsten der Aufwärtsbewegung. Es ist von Interesse, zu constatiren, dass hier ebenso wie bei der Untersuchung der Excursionsschwelle sich eine Minderwerthigkeit der abducirten Lage bei gleichzeitiger Streckung im Hüftgelenk herausgestellt hat (s. S. 441).

Lage 4. (Hüftgelenk 90°, Oberschenkel um 40° abducirt, Unterschenkel hängend.)

11 ↓ und 9 ↑ Bewegungen in 2 Serien. Die *m*-Mittelwerthe sind bei ersteren: 0·35, bei letzteren 0·4 und 0·5; bei Serie IX nämlich sind merkliche ↓ Bewegungen überhaupt nicht vorgekommen.

↓ Serie VIII:

m?: 0·19. 0·33;
m: 0·33. 0·33. 0·38;
m!: 1·6.

Serie IX:

o: 0·16. 0·16;
o?: 0·22;
m?: 0·35;
m!: 0·7.

Hiernach ist 0·33 als Schwellenwerth anzusehen.

↑ Serie VIII:

o: 0·19;
?m: 0·47. 0·26;
m?: 0·4;
m: 0·5.

Serie IX:

o: 0·26;
o?: 0·3;
?: 0·26;
m: 0·4.

Der Schwellenwerth dürfte bei 0·4 zu vermuthen sein.

Wiederum ist die Abwärtsbewegung der entgegengesetzten Richtung um etwas, aber nur wenig, überlegen. Durch das Ergebniss der Lage 4 wird die schon bei Lage 3 constatirte Analogie zu den Resultaten der Excursionsschwellen-Prüfung eine vollständige. Auch dort nämlich war der üble Einfluss der abducirten Lage lediglich bei gestreckter Oberschenkellage hervorgetreten und so sehen wir denn auch hier bei aufrechter Körperhaltung die Geschwindigkeitsschwelle wieder herabsteigen. Der früher gezogene Schluss, dass die abducirte Gelenk- und Muskellage als solche von keinem Einfluss ist, wird dadurch bekräftigt.

Lage 5. (Oberschenkel gegen den Rumpf in einen Winkel von 50° gestellt.)

13 ↓ Bewegungen in 1 Serie. Die entgegengesetzte Richtung konnte nicht geprüft werden, weil bei jeder Aufwärtsbewegung in dieser Lage störende Druck- und Berührungsgefühle (in der Schenkelbeuge) entstanden.

↓ Serie X:
?: 0·33. 0·33;
?m: 0·45;
m?: 0·45. 0·47. 0·5. 0.6.
m: 0·6. 0·71.
m!: 0·71. 0·85. 0·9. 1·0.

Der Schwellenwerth beträgt somit 0·6.

Dies Ergebniss ist schlechter als von der Mehrzahl der früheren Lagen und steht nicht mit den Ermittelungen über die Excursionsschwelle im Einklang, welche die in Rede stehende Lage als aequivalent den besten Lagen überhaupt hingestellt hatte. Der Grund für diese Abweichung des Resultates hier ist nicht ersichtlich (s. S. 455).

Lage 6. (Hüftgelenk nahezu gestreckt, Oberschenkel um etwa 40° nach innen rotirt, Unterschenkel gestreckt.)

11 ↓ und 10 ↑ Bewegungen in 2 Serien. Die *m*-Mittelwerthe sind: für die ↓ Bewegungen 0·5—0·5, für die entgegengesetzte Richtung 0·43 (die XII. Serie hat merkliche nicht ergeben).

↓ Serie XI:
m: 0·43. 0·45. 0·5. 0·55. 0·66;
m!: 1·4.

Serie XII:
?: 0·22;
?m: 0·3;
m: 0·38. 0·62;
m!: 1·1.

Hiernach ist 0·38 als Schwellenwerth zu betrachten.

↑ Serie XI:
?: 0·36;
?m: 0·45;
m: 0·37. 0·45. 0·45. 0·5.

Serie XII:
o: 0·22;
o?: 0·4;
?: 0·3;
?m: 0·36.

Hiernach ist 0·45 als Schwellenwerth zu nehmen.

Diese Resultate, welche übrigens wieder eine geringe Minderwerthigkeit der Aufwärtsbewegung zeigen, reihen sich den besseren, welche wir überhaupt ermittelt, an, übereinstimmend mit den Ergebnissen der Excursionsschwelle.

Lage 7a. (Hüftgelenk gestreckt. Körper in rechter Seitenlage, Ad- und Abductionsbewegung.)

12 ↓ und 9 ↑ Bewegungen in 2 Serien. Die *m*-Mittelwerthe sind bei ersteren: 0·4 und 0·7, bei letzteren: 0·66 (Serie XIII hat keine merklichen).

↓ Serie XIII:
?: 0·3;
?m: 0·4;
m?: 0·3;
m: 0·37. 0·42.

Serie XIV:
o: 0·3;
?: 0·4;
m?: 0·36;
m: 0·52. 0·7. 0·77. 0·9.

Als Schwellenwerth ergiebt sich hieraus 0·42.

↑ Serie XIII:
o: 0·27. 0·31. 0·31. 0·32;
?: 0·3.

Serie XIV:
?: 0·4;
?m: 0·5;
m?: 0·45;
m: 0·66.

Hieraus ist wegen zu geringer Menge von merklichen Elongationen kein Schwellenwerth abzuleiten. Allein nach dem regelmässigen Fortschreiten der Werthe in den einzelnen Kategorien lässt sich annehmen, dass derselbe zwischen 0·5 und 0·66 gelegen sein wird.

Dass diese Ergebnisse der Mehrzahl der früheren Lagen etwas nachstehen, lässt sich nicht verkennen. Auch hier wiederum werden wir an das ähnliche Verhalten der Excursionsschwelle erinnert.

Lage 7b. (Ebenso wie die vorige, nur dass der Oberschenkel um 90° gegen den Rumpf gebeugt ist.)

11 ↓ und 9 ↑ Bewegungen. Die *m*-Mittelwerthe sind für erstere: 0·8 (bei Serie XV keine merklichen), für letztere: 1·1 und 0·8.

↓ Serie XV:

?: 0·35. 0·37. 0·44;
m?: 0·4;
m!: 2·5.

Serie XVI:

?: 0·43;
m?: 0·45;
m: 0·77. 0·83. 0·83. 0·83.

Ein Schwellenwerth kann hieraus nicht entnommen werden, weil zwischen 0·45 und 0·77 gar keine Zwischenwerthe vorgekommen sind; man kann daher nur sagen, dass derselbe zwischen diesen beiden Zahlen liegen muss. Immerhin muss man aus dem Umstande, dass von vier Werthen im Betrage von 0·4—0·45 kein einziger merklich geworden ist, während bei der vorigen Lage bei 0·42 die Schwelle gesetzt werden konnte, schliessen, dass der Schwellenwerth hier etwas höher liegen wird als dort. Andererseits aber zeigte sich auch bei der Lage 7a schon (Serie XIV) das Bestreben, die Geschwindigkeiten zu steigern und zwar zu der Höhe, welche wir hier in Serie XVI vorfinden. Diese Steigerung ist keine zufällige, da von Versuch zu Versuch auf Grund des jedesmaligen Ergebnisses der Empfindung die aufzuwendende Geschwindigkeit dem Gehülfen angeordnet wurde; sie ging vielmehr hervor aus dem Eindruck, dass die — zuerst versuchten — geringeren Geschwindigkeiten nicht Bewegungsgefühle von der bei den anderen Lagen vorhanden gewesenen Deutlichkeit erzielten.

↑ Serie XV:

?: 0·36. 0·47. 0·5.
m: 1·1.

Serie XVI:

?: 0·5. 0·83;
?*m*: 0·7;
m?: 0·9;
m: 0·8.

Auch hier ist ein Schwellenwerth nicht zu ermitteln, aber es ist wichtig, zu constatiren, dass selbst 0·8 noch nicht genügend sicher erscheint.

Aus der vorstehenden Betrachtung ist einmal hervorgegangen, dass der Abstand zwischen den beiden Bewegungsrichtungen bei dieser Lage

wieder grösser erscheint als bei den vorigen und weiter, dass Lage 7b etwas schlechtere Resultate ergeben hat als Lage 7a. Das letztere deckt sich allerdings mit den Erfahrungen von der Excursionsschwelle nicht. Allein, wie schon bemerkt, war bereits in der zweiten Serie der Lage 7a das Bestreben vorhanden, die Geschwindigkeiten mehr und mehr über die in der ersten Serie gewählten Beträge zu steigern, und es ist sehr wohl möglich, dass eine dritte Serie dieser Lage bereits ebensolche Werthe ergeben hätte als Lage 7b. Ich möchte daher dieser Differenz nicht zu viel Gewicht beilegen, halte vielmehr für viel bedeutungsvoller die bei der gesammten Lage 7 hervorgetretene und mit den Ergebnissen der Excursionsschwelle übereinstimmende höhere Lage der Geschwindigkeitsschwelle, welche eine Minderwerthigkeit der Sinnesleistung gegenüber der Mehrzahl der anderen Gelenklagen documentirt.

Die ermittelten Schwellenwerthe, sowohl der Excursion wie der Geschwindigkeit, sind hier noch einmal zusammengestellt.

	Schwelle der Excursion.	Schwelle der Geschwindigkeit	
	↓	↓	↑
Ia	0·59° 0·59° 0·63°		
Ib	0·54° 0·67° 0·68° 0·72° 0·74°	0·45—0·36	1·1
IIa	0·54° 0·56° 0·65° 0·71° 0·72°	0·3 —0·25	0·34
IIb	0·50° 0·53°		
IIc	0·74°		
IIIa	0·81° 0·95° 1·03°	0·55	0·6
IV	0·65° 0·68°	0·33	0·4
V	0·54°	0·6	—
VI	0·63° 0·63°	0·38	0·45
VIIa	0·74°	0·42	{ > 0·5 { < 0·66
VIIb	0·70° 0·79°	{ > 0·45 { < 0·77	> 0·8

Auch die allgemeinen Erfahrungen, welche sich beim Hüftgelenk ergeben haben, mögen noch einmal recapitulirt werden. Bei der Prüfung der Excursionsschwelle stellte sich heraus, übereinstimmend mit den an anderen Gelenken gemachten Erfahrungen, dass die Verschiedenheiten der Gelenklage keinen merklichen Einfluss auf die Sinnesleistung ausüben. Nur bei drei Modificationen der Lage bezw. Haltung trat eine Abstumpfung der Bewegungsempfindung auf: nämlich einmal bei der tetanischen Streckung des Unterschenkels; ferner bei abducirter Lage des Oberschenkels in Verbindung mit Streckung im Hüftgelenk, wobei eine spannende Sensation eintritt, endlich bei der Lagerung des Oberschenkels auf die innere Fläche

und Adductionsbewegung. Wie oben erörtert, ist es wahrscheinlich, dass hierbei weniger die veränderte Gelenkstellung als solche in Betracht kommt, als die mit den Lagen verbundenen Unbequemlichkeiten und störenden Sensationen. Auch die Geschwindigkeitsschwelle hat sich als ziemlich gleich bei den verschiedenen Lageveränderungen erwiesen. Die Differenz zwischen Lage 1b und 2a, welche anfänglich imponirte, dürfte, nachdem die ganze Reihe von Werthen vorliegt, als eine bedeutungslose Schwankung anzusehen sein. Da die Verschiebung des Fusses bei ersterer bedeutender ist als bei letzterer, so spricht das ermittelte Verhalten immerhin wieder dagegen, dass für die Perception der Gelenkbewegung jene peripherische Verschiebung von Bedeutung ist. Man könnte einen Grund für den schlechteren Ausfall allerdings darin sehen, dass bei der gestreckten Unterschenkelhaltung leichter Ermüdung eintreten wird; und diese wird bei den grösseren, länger dauernden Bewegungen mehr hervortreten als bei den schnellen kurzen Ausschlägen. Uebereinstimmend mit den Ergebnissen der Excursionsschwellenprüfung hat die abducirte Lage bei gleichzeitiger Streckung im Hüftgelenk sowie die 7. Lage, bei welcher der Oberschenkel mit der inneren Fläche aufruhte, bezüglich der Sinnesleistung den anderen Lagen nachgestanden, und auch hier spricht der Unterschied zwischen Lage 3 und 4, welche letztere sich der nicht abducirten Lage völlig aequivalent erwies, dafür, dass der Gelenkstellung als solcher kein maassgebender Einfluss zukommt. Durchaus unerwartet aber ist das schlechte Ergebniss bei der zu 50^0 gebeugten Gelenkstellung des Oberschenkels. Dass bei den Aufwärtsbewegungen hier sehr störende Berührungs- und Druckgefühle entstehen, wurde schon erwähnt; man könnte daran denken, dass dies auch bei den Abwärtsbewegungen in höherem Grade der Fall gewesen sein möge als bei anderen Lagen und dass diese Störung sich bei den grösseren Winkeldrehungen mehr geltend gemacht habe als bei den kleineren, weil die Veränderungen der Hautspannung bei ersteren bedeutender sind. Jedenfalls kann, da die Excursionsschwelle sich als durchaus denjenigen der besten Lagen aequivalent erwiesen hatte, ein Einfluss der Gelenklage als solcher auf das hiesige Resultat nicht behauptet werden. Besonders interessant sind die Untersuchungen der Geschwindigkeitsschwelle dadurch, dass sie auf das Verhältniss der Aufwärts- zu den Abwärtsbewegungen Licht werfen. Bei der Prüfung der Excursionsschwelle nämlich hatte sich ergeben, dass die Aufwärtsbewegungen im Allgemeinen eine grössere Elongation verlangten, um merklich zu sein und dass auffallend häufig ihr Merklichwerden durch gleichzeitige Sensationen von Druck und Erschütterung verhindert wurde. Es musste daher die Frage entstehen, ob der Bewegungsrichtung als solcher eine geringere Stärke der Bewegungsempfindung zukomme oder ob letztere nur durch die Nebensensationen verdeckt werde. Die ersten Versuche nun

über die Geschwindigkeitsschwelle ergaben in der That wieder, dass die Aufwärtsrichtung einer erheblich grösseren Geschwindigkeit benöthigte, um merklich zu werden. Allein sodann zeigte sich fast durchweg, dass der Unterschied zwischen beiden Richtungen nur ein sehr geringer war, wenn er auch stets zu Ungunsten der Aufwärtsrichtung ausfiel. Diese Disharmonie der Resultate löst mit ihrer Erklärung zugleich die gestellte Frage: sie leitet sich nämlich daher, dass bei der Prüfung der Excursionsschwelle grosse, bei derjenigen der eben merklichen Geschwindigkeit geringe Geschwindigkeiten angewendet worden waren; je grösser aber diese ist, um so erheblicher ist auch die Druckwirkung und die Erschütterung der trägen Masse. In der That sind unter den langsamen Aufwärtsbewegungen nur wenige durch begleitende Druckempfindungen empfindlich gestört worden. Wir können aus den Ergebnissen der letzt berichteten Versuche demnach den sicheren Schluss ziehen, dass ein essentieller Unterschied der Sinnesleistung bei den beiden entgegengesetzten Bewegungsrichtungen nicht besteht. Wenn nun bei Lage 1b und 7b eine Ausnahme insofern stattgefunden hat, als hier die Differenz der Richtungen wieder erheblicher war, so muss man vermuthen, dass hier die Bedingungen zur Erzeugung störender Nebenempfindungen wieder günstiger gewesen sind. Es ist nun gewiss nicht zufällig, dass es sich um Lagen handelt, bei denen auch die Abwärtsbewegung nicht die besten Resultate ergeben hat und somit erhöht dies Zusammentreffen die Wahrscheinlichkeit der oben ausgesprochenen Ansicht, dass es sich auch bei der Abwärtsrichtung in den entsprechenden Fällen nicht um einen essentiellen Einfluss der Gelenkstellung, sondern um störende Nebenempfindungen handele. Es ist noch speciell hervorzuheben, dass bei beiden Lagen der Unterschenkel gestreckt war; das statische Moment der gesammten Unterextremität ist nämlich bei dieser Haltung grösser als bei gebeugter Unterschenkelhaltung und dementsprechend auch die Druckwirkung auf die Krücke.

Kniegelenk.

Bei diesem gestalteten sich als einem Charniergelenk die Verhältnisse wieder einfacher. Aus Ausgangslage wurde die rechtwinkelige Krümmung des Unterschenkels gegen den Oberschenkel betrachtet. Der letztere wurde, während der Oberkörper unter leichter Erhöhung des Kopfes annähernd horizontal gelagert war, senkrecht aufgestellt und in dieser Stellung sowohl durch einen Gurt, welcher theils an der Wand, theils an einem schweren Tisch befestigt war, fixirt wie durch die eigenen Hände. Der Unterschenkel selbst wurde in horizontaler Lage auf die Krücke applicirt. Ausser der rechtwinkeligen kam wie beim Ellbogengelenk die spitzwinkelige und stumpf-

winkelige Gelenklage zur Untersuchung. Der Unterschenkel blieb bei diesen stets horizontal und die Krümmungsänderungen wurden lediglich dadurch herbeigeführt, dass dem Oberschenkel eine entsprechende andere Richtung gegeben wurde. Wie leicht ersichtlich, machte bei der stumpfwinkeligen Lage die Fixation des Oberschenkels Schwierigkeiten, konnte jedoch in der angegebenen Weise vollendet hergestellt werden. Eine allgemeine Schwierigkeit war beim Unterschenkel durch den Mangel an cylindrischer Gestaltung gegeben; die Gummimanschette hat nämlich, wie schon bemerkt, die Neigung, in der Richtung, in welcher sich das Glied verjüngt, sich umzurollen. Dies wurde hier dadurch verhindert, dass unterhalb derselben durch Anlegung einer starken Gummibinde mit sich deckenden Touren ein hart an die Manschette stossender Wall gebildet wurde.

Schwelle der Excursion.

Lage 1. Unterschenkel zum Oberschenkel in einen Winkel von 90° gestellt. Lagerung wie oben angegeben. 308 Versuche in 9 Serien (siehe Tabelle XXIII).

Die *m*-Mittelwerthe derselben lassen sich in zwei Gruppen theilen; die eine derselben umfasst die Werthe: 0·58°, 0·58°, 0·60°, 0·67°; die andere die Werthe: 0·85°, 0·90°, 0·94°, 0·96°; 1·08°. Innerhalb jeder Gruppe bestehen, wie man sieht, grösstentheils nur geringe Differenzen, während die Gruppen selbst sich erheblicher von einander entfernen. Dieser Umstand wird dem Verständniss näher gerückt, wenn man die Breite der Schwankungen der Einzelwerthe bei den verschiedenen Serien berücksichtigt.

1. Gruppe.			2. Gruppe.		
Serie	*m*-Mittelwerth	Einzelwerthe	Serie	*m*-Mittelwerth	Einzelwerthe
I	0·67°	0·54°—0·77°	III	0·96°	0·54°—1·31°
II	0·58°	0·52°—0·68°	IV	0·90°	0·66°—1·26°
V	0·58°	0·41°—0·70°	VI	0·85°	0·59°—1·31°
IX	0·60°	0·41°—0·70°	VII	0·94°	0·40°—1·48°
			VIII	1·08°	0·52°—1·37°

Die Minimalwerthe der Serien sind somit durchaus ähnlich und die verschiedenartige Breite der Schwankungen deutet darauf, dass wir es wieder mit dem Unterschiede explorativer und affirmativer Serien zu thun haben, was durch eine nähere Betrachtung des Verlaufes der einzelnen Serien, welcher bald ein regelmässiges Ansteigen oder Abnehmen der Ausschläge, bald eine Wiederholung derselben mit nur geringen Schwankungen

Tabelle XXIII.

Kniegelenk.

Lage 1.

	I (11)				II (17)				III (29)			
			D	G			D	G			D	G
0	0·61°	(1)	0·89	0·7								
0?												
?	0·76°	(1)	1·13	0·7	0·60°	35%	0·73	0·8	0·81°		1·07	0·75
?m									0·72°		0·62	1·1
m?									1·12°	10%	1·54	0·7
m	0·67°	82%	0·63	1·0	0·58°	65%	0·49	1·2	0·96°	51%	0·76	1·2
m!	0·68°	(1)	0·42	1·6					1·26°		0·65	2·0
!												

	IV (31)				V (49)				VI (45)			
			D	G			D	G			D	G
0					0·47°		0·41	1·1	0·43°		0·19	2·3
0?					0·43°	(1)	0·26	1·7				
?	0·78°		0·70	1·1	0·49°		0·40	1·2	0·65°		0·59	1·1
?m	1·26°	(1)	1·41	0·9	0·61°		0·63	1·0	0·86°		0·80	1·0
m?					0·54°	10%	0·36	1·5				
m	0·90°	74%	0·53	1·7	0·58°	51%	0·32	1·8	0·85°	62%	0·45	1·9
m!	1·22°	(1)	0·36	3·4	0·61°	(1)	0·34	1·8				
!												

	VII (37)				VIII (37)				IX (52)			
			D	G			D	G			D	G
0	0·52°		0·28	1·8	0·40°		0·25	1·6	0·58°		0·91	0·6
0?					0·54°	(1)	0·36	1·5				
?	0·68°		0·45	1·5	0·88°		0·72	1·2	0·47°		0·39	1·2
?m	0·49°		0·29	1·7					0·45°		0·42	1·0
m?	0·65°	8%	0·24	2·7	0·76°	8%	0·53	1·4	0·52°	10%	0·44	1·2
m	0·94°	60%	0·38	2·5	1·08°	65%	0·49	2·2	0·60°	36%	0·41	1·4
m!	1·15°		0·41	2·8								
!												

zeigt, bestätigt wird. Die Schwellenwerthe ergeben sich aus der folgenden Erörterung.

Serie I: Die gesammten und ebenso die merklichen Elongationen gehen von 0·54—0·77°, so dass die letzteren 82 Procent ausmachen. Dabei sind die untermerklichen Bewegungen langsamer. Demgemäss ist 0·54° als Schwellenwerth anzusehen. Die häufigsten merklichen Ausschläge (66 Procent) fallen zwischen 0·59 und 0·70°.

Serie II: Die gesammten und zugleich die merklichen Ausschläge schwanken zwischen 0·50 und 0·68 °, und zwar betragen letztere 65 Procent. Solche von 0·50—0·54 ° sind acht vorgekommen, von denen sechs merklich sind. Die untermerklichen sind noch dazu langsamer. Demnach ist 0·50 ° Schwellenwerth. 73 Procent der merklichen Bewegungen liegen zwischen 0·50 und 0·58 °.

Serie III: Die gesammten und gleichfalls die merklichen Ausschläge bewegen sich von 0·54—1·50 °, so zwar, dass letztere 51 Procent ausmachen. Excursionen von 0·54—0·59 ° ist eine vorgekommen, welche merklich; von 0·60—0·67 ° sieben, von denen fünf merklich. Somit ist 0·54 ° Schwellenwerth. Wenn trotzdem der *m*-Mittelwerth so hoch (0·96 °) ist und auch die Mittelwerthe der untermerklichen Bewegungen, wie die Tabelle zeigt, erheblich über diesen Schwellenwerth emporragen, so liegt dies einmal an dem explorativen Charakter der Serie und weiter daran, dass eine grosse Menge bedeutender Elongationen sehr langsam verlaufen sind, wie gleichfalls die Tabelle zeigt. Ausserdem tritt hier wieder die Erscheinung hervor, dass die Aufwärtsbewegungen relativ grösser gemacht werden müssen als die entgegengesetzten, um merklich zu werden. 46 Procent der merklichen liegen zwischen 0·54 und 0·67 °.

Serie IV: Die gesammten Bewegungen gehen von 0·67—1·26 °, ebenso die merklichen, welche 74 Procent ansmachen. Ausschläge von 0·67—0·72 ° kamen neun vor, von denen sechs merklich; die untermerklichen sind dabei langsamer. Demnach ist 0·67 ° Schwellenwerth. 41 Procent der merklichen fallen zwischen 0·67 und 0·77 °.

Serie V: Die gesammten Ausschläge von 0·38—0·70 °, die merklichen setzen bei 0·41 ° ein und betragen unter den von dieser Grenze ab vorgekommenen 50 Procent. Elongationen von 0·41—0·50 ° 17, davon sechs merklich bei unerheblichem Geschwindigkeitsunterschied; von 0·51—0·59 ° 14, davon sieben, und von 0·60—0·70 ° 15, davon zwölf merklich. Demnach ist der Schwellenwerth zwischen 0·51 und 0·59 ° gelegen und zwar bei 2·0 Geschwindigkeit.

Serie VI: Die gesammten Excursionen gehen von 0·25—1·31 °, während die merklichen bei 0·59 ° einsetzen. Dieselben betragen 73 Procent der von dieser Grenze ab überhaupt vorgekommenen Bewegungen. Ausschläge von 0·59 bis 0·70 ° sind sieben vorgekommen, von denen fünf merklich. Als Schwellenwerth ist hiernach 0·59 ° anzusehen. Jedoch sind wiederum die Aufwärtsbewegungen grösser. Von den merklichen Bewegungen sind 47 Procent und zwar lediglich abwärts gerichtete zwischen 0·68 nnd 0·81 ° gelegen.

Serie VII: Die gesammten Ausschläge von 0·40—1·48 °; die merklichen, welche 60 Procent betragen, in denselben Grenzen. Solche von 0·40—0·50 ° sind vier vorgekommen, von denen eine merklich; von 0·51—0·59 ° vier, wovon keine, und von 0·60—0·70 ° acht, wovon vier merklich. Hiernach liegt die Schwelle zwischen 0·60 und 0·70 °, gleichfalls bloss für die Abwärtsbewegungen. Die untermerklichen unterhalb 0·60 ° waren von genügender Geschwindigkeit

Serie VIII: Die gesammten Bewegungen gehen von 0·25—1·37 °, die merklichen setzen bei 0·52 ° ein und machen 77 Procent der von dieser Grenze

ab erfolgten Ausschläge aus. Elongationen von 0·52—0·59 ^{0} vier, davon zwei merklich, bei genügender Geschwindigkeit der untermerklichen; solche von 0·60 bis 0·70 ^{0} drei, von denen zwei merklich. Der Schwellenwerth ist sonach im Bereiche 0·52—0·59 ^{0}, wieder nur für die $\downarrow$-Bewegungen. Die Serie ist ausgesprochen explorativ mit der Tendenz, die $\uparrow$-Bewegungen über die Schwelle zu heben.

Serie IX: Die gesammten Excursionen von 0·27—0·70 ^{0}, die merklichen von 0·41 ^{0} ab. Letztere bilden 41 Procent der von dieser Grenze an überhaupt vorgekommenen Bewegungen. Solche von 0·41—0·50 ^{0} wurden 18 ausgelöst, von welchen bei nahezu gleicher Geschwindigkeit zwei merklich waren; von 0·51—0·59 ^{0} zwölf, wovon acht merklich, letztere bei 0·54 ^{0} beginnend. Demnach ist 0·54 ^{0} Schwellenwerth, und zwar bei 1·6 Geschwindigkeit. Auch dieser Schwellenwerth bezieht sich nur auf die $\downarrow$-Bewegung; für die entgegengesetzte Richtung würde er 0·63 ^{0} betragen.

Die ermittelten Schwellenwerthe, welche sich im Allgemeinen auf die $\downarrow$ Bewegungen beziehen, sind somit, wenn wir wieder die Gruppentheilung berücksichtigen:

1. Gruppe.	2. Gruppe.
0·54^0	0·54^0
0·50^0	0·67^0
0·51—0·59^0	0·59^0
0·54^0	0·60—0·70^0
	0·52—0·59^0

Die vorher constatirten bedeutenden Differenzen der Mittelwerthe sind also für die Schwellenwerthe nicht vorhanden — ein sicherer Beweis, dass aus den unterschiedlichen Mittelwerthen nicht auf einen wirklichen Unterschied der Sinnesleistung zu schliessen ist. Jene sind vielmehr ein Product des jedesmaligen Charakters der Serie. Wir haben in dieser Beziehung aus den eben angestellten Erörterungen entnommen, dass die stufenweise explorative Vergrösserung der Excursionen zum Theil durch die Minderempfindlichkeit der $\uparrow$ Bewegungen geboten war. Eine Grenze, oberhalb deren die Elongationen absolut sicher merklich waren, konnte mit genügender Gewissheit nicht angenommen werden, weil fast überall auch sehr erhebliche, aber zugleich langsamere Ausschläge unter den untermerklichen sich vorfanden. Die zu den eben merklichen Excursionen gehörende Geschwindigkeit war meist annähernd die gleiche; nur in einzelnen Serien hatte dieselbe einen auffallend geringen Betrag (I—III), ohne dass der Schwellenwerth darunter litt. Wir können hieraus entnehmen, dass, wenn eine gewisse Grenze der Geschwindigkeit erreicht ist, die weitere Steigerung derselben nicht mehr im Stande ist, das merkliche Minimum von Winkeldrehung weiter zu verkleinern, Denn dass die Geschwindigkeit überhanpt von Einfluss auf das Merklichwerden der Excursion ist, geht

wie bei den früher betrachteten Gelenken auch hier sowohl aus den Erörterungen über den Schwellenwerth wie aus der Mittelwerthtabelle hervor (s. z. B. Serie II, V, VI, IX). Die beim Kniegelenk gewonnenen Werthe bewegen sich ganz in dem Rahmen wie die vom Hüftgelenk, sowohl was die Excursionsschwelle, wie die dazu gehörigen Geschwindigkeiten betrifft. Bezüglich der Schwankungen letzterer war übrigens dort eine ganz entsprechende Erfahrung gemacht worden.

Lage 2.

Der Unterschenkel, welcher horizontal gelagert ist, befindet sich zum Oberschenkel im Winkel von 135°.

Tabelle XXIV.

Kniegelenk.

Lage 2.

	X (37)		D	G	XI (35)		D	G	XII (50)		D	G
0	0·60°		0·52	1·1	0·85°	(1)	1·27	0·7	0·50°		0·29	1·7
0?	6·65°	(1)	0·32	2·0	0·67°		0·44	1·5				
?	0·72°		0·49	1·5	0·76°		0·43	1·8	0·56°		0·39	1·4
?*m*									0·88°		0·53	1·6
m?	0·72°	19%	0·54	1·3	0·94°	20%	0·57	1·6	0·79°	10%	0·54	1·5
m	0·78°	32%	0·41	1·9	0·90⁵	51%	0·36	2·5	0·86°	54%	0·50	1·7
m!												
!												

122 Versuche in 3 Serien. Die *m*-Mittelwerthe sind: 0·78°, 0·90°, 0·86° mit den mittleren Geschwindigkeiten 1·9, 2·5, 1·7.

Serie X: Die gesammten Bewegungen gehen von 0·34—1·06, die merklichen setzen bei 0·58° ein und bilden 36 Procent der von dieser Grenze ab erfolgten Ausschläge. Von 0·58—0·67° zwölf, davon zwei merklich; von 0·68—0·72° vier, davon drei merklich. Das Verhältniss bleibt weiterhin ein ähnliches. Demnach ist 0·68° Schwellenwerth, welcher jedoch lediglich für die ↓-Bewegungen gilt. Die untermerklichen Ausschläge, welche hier sehr zahlreich sind, betreffen vorwiegend die Aufwärtsrichtung und sind ausserdem zum Theil erheblich langsamer als die merklichen. Man vergleiche die Kategorie der *m?* in der Tabelle.

Serie XI: Die gesammten und ebenso die merklichen Ausschläge bewegen sich von 0·58—1·17°; letztere machen 51 Procent aus. Solche von 0·58 bis 0·70° acht, davon drei merklich, dabei die untermerklichen zumeist von genügender Geschwindigkeit; von 0·71—0·79° vier, davon keiner merklich; von 0·80—0·90° sieben, davon vier merklich, wobei die untermerklichen etwas langsamer. Daher der Schwellenwerth = 0·83° (der niedrigste merkliche Werth in diesem Bereich). 66 Procent der merklichen Bewegungen fallen

zwischen 0·88 und 1·02°. Auch hier entspricht der Schwellenwerth der Abwärtsrichtung. Jedoch kommen unerheblich höher schon merkliche Aufwärtsbewegungen vor.

Serie XII: Die gesammten Ausschläge gehen von 0·38—1·13°, während die merklichen bei 0·56° beginnen. Letztere machen 66 Procent der überhaupt von dieser Grenze ab vorgekommenen aus. Von 0·56—0·70° sechs, davon zwei merklich; von 0·71—0·80° sechs, wovon fünf merklich; von 0·81—0·90° 15, davon elf merklich. Demnach ist bei 0·77°, dem niedrigsten *m*-Werth der betreffenden Gruppe, die Schwelle. Von den 27 merklichen Bewegungen sind 24 zwischen 0·77 und 0·99° gelegen. Der Schwellenwerth bezieht sich wieder auf die ↓-Bewegung; für die entgegengesetzte Richtung würde er 0·86° betragen.

Die ermittelten Schwellenwerthe: 0·68°, 0·83°, 0·77° lassen unzweifelhaft erkennen, dass die Bewegungsempfindung bei Lage 2 weniger fein ist als bei Lage 1. Dabei bilden die Geschwindigkeiten keinen nennenswerthen Unterschied. Auffallend ist, dass der schlechteste Werth 0·83° gerade bei sehr grosser Geschwindigkeit (2·5) erhalten wurde und da bei Serie VII der ersten Lage (Schwellenwerth 0·60—0·70° bei 2,5 Geschwindigkeit) eine ähnliche Erfahrung vorliegt, so scheint es fast, als ob ein Uebermaass von Geschwindigkeit, vielleicht durch Erregung von Erschütterung, die Bewegungen beeinträchtigt. Liegt nun hier ein essentieller Einfluss der veränderten Gelenklage vor? Dies anzunehmen muss bedenklich erscheinen, wenn man erwägt, dass es sich wieder um eine Lage handelt, welche erheblich unbequemer und ermüdender ist als die vorige. Denn wenn auch, wie oben berichtet, der schräg ansteigende Oberschenkel durch Gurt und Hände fixirt war, so gelingt es doch hierdurch keineswegs, die Muskeln völlig zu erschlaffen; dieselben bleiben vielmehr bis zu einem gewissen Grade activ und betheiligen sich an dem Halten des Beins gegenüber dem Einfluss der Schwerkraft. Ich habe bereits früher (S. 372) andeutungsweise erwähnt, dass ein Anfangs anscheinend völlig aequilibrirtes Glied im Laufe der Zeit sinkt und stärkere Gegengewichte beansprucht. Es scheint also gar nicht möglich zu sein, durch den blossen Willen Muskeln völlig ausser Activität zu setzen. So auch hier. Angesichts der früheren ähnlichen Erfahrungen nun möchte ich mich dazu neigen, auch hier eine Abstumpfung der Bewegungsempfindung durch das Gefühl von Anspannung und Ermüdung anzunehmen.

Lage 3.

Der Unterschenkel, welcher horizontal gelagert ist, befindet sich zum Oberschenkel in einem Winkel von 70°. (Tabelle XXV.)

54 Versuche in 2 Serien. Die *m*-Mittelwerthe sind: 0·81 und 0·90° bei den mittleren Geschwindigkeiten 2·0 und 2·2.

Serie XIII: Die gesammten und ebenso die merklichen Winkeldrehungen gehen von 0·43—1·15°. Letztere betragen 75 Procent. Excursionen von

Tabelle XXV.

Kniegelenk.

Lage 3.

	XIII (28)		D	G	XIV (26)		D	G
0					0·34°		0·22	1·5
0?								
?	0·70°		0·42	1·6	0·70°		0·38	1·8
?*m*								
m?	0·76°	10%	0·35	2·2	0·72°	8%	0·53	1·3
m	0·81°	75%	0·41	2·0	0·90°	46%	0·40	2·2
m !								
!								

0·43—0·50° zwei, davon eine merklich (0·47°); von 0·51 — 0·59° vier, davon zwei, und von 0·60—0·70° fünf, davon zwei merklich; von 0·71 bis 0·80° zwei, beide merklich. Der Schwellenwerth 0·47° gilt jedoch lediglich für die ↓-Bewegungen, während er für die entgegengesetzte Richtung 0·61° beträgt.

Serie XIV: Die Ausschläge gehen von 0·18—1·12°, die merklichen von 0·45° ab. Letztere betragen 57 Procent der von dieser Grenze ab überhaupt vorgekommenen. Excursionen von 0·45—0·59° vier, wovon eine merklich. Von 0·60—0·70° zwei, beide untermerklich; von 0·71—0·80 zwei, beide merklich; von 0·81—0·90° drei, alle merklich. Die Schwelle liegt hiernach bei 0·72°. Es ist jedoch hervorzuheben, dass sämmtliche erwähnten untermerklichen Bewegungen bis 0·72° aufwärts gerichtet sind. Demnach muss der Schwellenwerth 0·72° beanstandet werden. Die Schwelle der Aufwärtsbewegungen liegt bei 1·0°.

Hiernach dürfte die Lage 3 mit ihren Schwellenwerthen 0·47 und 0·72°, welcher letztere aber durch ausser-wesentliche Umstände zu hoch ausgefallen ist, äquivalent der Lage 1 sein, da auch die Geschwindigkeiten nahezu dieselben sind. Es ist zu bemerken, dass diese Lage auch wieder um sehr viel bequemer als die vorige ist.

Der Einfluss der Geschwindigkeit auf die mehr oder minder grosse Merklichkeit der Bewegungen ist genugsam an anderen Gelenken erwiesen und auch beim Kniegelenk an einigen Beispielen gezeigt worden. Letzteres bietet aber mehr wie die anderen Gelenke Gelegenheit, den gleichzeitigen Einfluss der Grösse der Winkeldrehung zu den verschiedenen Kategorien der Un- bis Uebermerklichkeit darzulegen. Die hier folgende Zusammenstellung aus den Mittelwerthen der Lage 1, welche die Beziehungen der Grösse des Durchschnittswinkels zu den Empfindungskategorien zeigt, soll hierzu dienen. Bei den kleineren Werthen sind die un- und untermerk-

Mittelwerth der Excursion	0·40°—0·49°	0°·50—0·59°	0·60°—0·69°	0·70°—0·79°	0·80°—0·89°
Mittelwerth der Geschwindigkeiten 0	1·1 1·6 2·3	0·6 1·8			
0?	1·7	1·5			
?	1·2 1·2		0·8 1·1 1·5	1·1	0·75 1·2
? *m*	1·0 1·7		1·0	1·1	1·0
m ?		1·2 1·5	2·7	1·4	
m		1·2 1·8	1·0 1·4		1·9
m !			1·6 1·8		
!					

Mittelwerth der Excursion	0·90°—0·99°	1·00°—1·09°	1·10°—1·19°	1·20°—1·29°
Mittelwerth der Geschwindigkeiten 0				
0?				
?				
? *m*				0·9
m ?			0·7	
m	1·2 1·7 2·5	2·2		
m !			2·8	2·0 3·4
!				

lichen Kategorien häufiger, die merklichen und übermerklichen seltener vertreten, während von 0·60° an aufwärts *o* und *o?* gar nicht mehr und von 0·90° ab fast nur *m* und *m!* vorkommen. Zugleich sind allerdings diese grossen Elongationen meist mit etwas grösserer Geschwindigkeit erfolgt als die kleineren. Wo sie aber langsamer verlaufen sind, da thut es sich in der Merklichkeit kund. Bei den kleinsten Ausschlägen, von 0·40—0·50° scheint die Geschwindigkeit keinen nennenswerthen Einfluss mehr auszuüben.

Schwelle der Geschwindigkeit.

Dieselbe wurde nur bei Lage 1 und 3 untersucht, weil ich bei Lage 2 den Eindruck gewann, dass die mit derselben verbundene Anstrengung und Ermüdung bei ausgedehnteren und langsamen Bewegungen die Empfindung erheblicher schädigte.

Lage 1 (Beugung zu 90°).

25 Versuche in einer Serie und zwar 12 ↓ und 11 ↑ Bewegungen. Bei ersteren ergab sich als *m*-Mittelwerth 0·7, bei letzteren 0·5.

Tabelle XXVI.

Kniegelenk.

	Lage 1.		Lage 3.	
	↓ 12 *G*	↑ 11 *G*	↓ 8 *G*	↑ 8 *G*
0				
0?		1·64° 1 0·4		
?	0·79° 1 1·2	1·37° 2 0·3	1·75° 1 0·5	1·40° 3 0·6
?*m*	1·49° 1 0·5	1·67° 1 0·5		1·03° 1 0·6
m?		1·53° 3 0·4	1·80° 2 0·5	
m	1·15° 9 0·7	1·55° 4 0·5	1·78° 5 0·8	1·06° 4 0·85
m!	1·58° 1 1·8			
!				

Die Einzelwerthe sind folgende:

↓ *?*: 1·2;
?m: 0·5;
m: 0·36. 0·44. 0·6. 0·7. 0·7. 0·9. 0·9. 0·9. 1·1;
m!: 1.8.

Der Werth 1·2 bei *?* entspricht einem Winkel von nur 0·79° und wir haben bereits gesehen, dass bei kleineren Winkeln die nothwendigen Geschwindigkeiten grösser sind. Demgemäss kann diese kleine Excursion nicht zur Vergleichung herangezogen werden. Wenn im übrigen 0·44 merklich, 0·5 aber untermerklich, endlich oberhalb 0·5 alles merklich ist, so werden wir den Schwellenwerth bei 0·44—0·5 anzunehmen haben.

↑ *o?*: 0·4;
?: 0·26. 0·34;
?m: 0·5;
m?: 0·3. 0·36. 0·54;
m: 0·4. 0·44. 0·55. 0·6.

Hieraus ergiebt sich als Schwellenwerth der Bereich 0·5—0·55.

Lage 3 (Beugung zu 70°).

16 Versuche in einer Serie und zwar 8 ↓ und 8 ↑ Bewegungen. Der *m*-Mittelwerth der ersteren ist: 0·8, der letzteren: 0·85.

↓ *?*: 0·5;
m?: 0·4. 0·6;
m: 0·54. 0·62. 0·7. 1·0. 1·1;

Hiernach liegt die Schwelle etwa im Bereich 0·54—0·62.

↑ *?*: 0·55. 0·6. 0·65;
?m: 0·6;
m: 0·5. 0·9. 1·0. 1·0.

Hiernach ist der Schwellenwerth zwar erst bei 0·9 zu setzen, allein es ist hervorzuheben, dass zwischen 0·65 und 0·9 keine Werthe vorgekommen sind.

Die ermittelten Werthe bewegen sich in denselben Grenzen wie beim Hüftgelenk; doch erreichen sie nicht die besten der dortigen Ziffern, sondern sind den schlechteren Hüftgelelenksresultaten aequivalent. Es ist aber nicht zu vergessen, dass es sich beim Kniegelenk um eine ungleich geringere Versuchszahl handelt. Dieser letztere Umstand lässt auch die Differenz, welche sich zwischen Lage 1 und 3 ergeben hat, als von geringer Bedeutung erscheinen; dieselbe ist offenbar zum Theil, wenn nicht gänzlich, auf eine Verschiedenartigkeit in den aufgegebenen Abstufungen der Geschwindigkeit zurückzuführen. Bei beiden Lagen zeigt die Aufwärtsbewegung eine etwas höhere Schwelle; aber auch hier ist wie beim Hüftgelenk wahrzunehmen, dass der Unterschied der beiden Richtungen bei den langsamen Bewegungen weit weniger hervortritt als bei den schnellen. Dies im Verein mit der gleichfalls hier wieder constatirten und später noch besonders zu besprechenden Erscheinung, dass es vorwiegend Aufwärtsbewegungen sind, welche durch begleitende Nebenempfindungen von Druck und Erschütterung sich auszeichnen, beweist, dass auch hier ein Einfluss der Richtung an sich auf die Bewegungsempfindung nicht angenommen werden kann.

Fussgelenk.

Behufs Prüfung des Fussgelenks war es nothwendig, dem Fuss eine künstliche Verlängerung zu geben. Derselbe wurde daher mit einem der Sohlenfläche angelegten, entsprechend geformten Brett fest verbunden. Ich sass bei den Versuchen auf einem Tisch; der hart am Tischrand herunterhängende Unterschenkel wurde am Tischbein mehrfach fixirt. Das vordere Ende des Fussbrettes, welches ganz in derselben Weise wie ein Gliedmaass mit einer prall gefüllten Gummimanschette umgeben war, wurde auf die Krücke gestellt, so dass die Entfernung der aufgelegten Stelle vom Gelenk derjenigen glich, welche bei den übrigen grösseren Gelenken meist zur Anwendung gekommen war. Um ein sicheres Mitgehen des Fusses mit der Pumpenbewegung zu erzielen, wurde das Gewicht desselben durch Application eines Zweikilogewichts am Fussbrett in ziemlicher Entfernung vom Gelenk verstärkt. Es wurden nur zwei Lagen des Fusses untersucht: die rechtwinkelige Stellung zum Unterschenkel und die stumpfwinkelige. Bei beiden war der Fuss selbst mit seiner Sohlenfläche horizontal gerichtet. Der Unterschenkel war demnach bei der stumpfwinkeligen Lage schräg nach unten und vorn ausgestreckt und wurde in dieser Haltung dadurch fixirt, dass er an der in derselben Richtung aufgestellten Beinklappe eines Operationstisches befestigt wurde, auf dessen horizontaler Platte ich sass. — Es fiel sehr bald auf, dass die Bewegungsempfindung beim Fuss ganz besonders rein hervortrat, namentlich gegenüber dem Knie- und

Hüftgelenk, anscheinend, weil der mit der Verschiebung grösserer träger Körpermassen verbundene störende Complex von Spannungs- und Druckgefühlen fehlte.

Schwelle der Excursion.

Lage 1. Der Fuss ist zum Unterschenkel in einen Winkel von 90° gestellt. 216 Versuche in 4 Serien.

Tabelle XXVII.

Fussgelenk.

Lage 1.

	I (45)		D	G	II (56)		D	G	III (62)		D	G	IV (53)		D	G
0	1·26°		0·56	2·2	0·47°		0·14	3·3					1·15° (1)		0·46	2·5
0?					1·01° (1)		0·40	2·5								
?	1·24°		0·52	2·4	0·86°		0·28	3·0	1·10°		0·61	1·8	0·90°		0·34	2·7
?m	1·30°		0·50	2·6	1·04°		0·32	3·2	1·03°		0·57	1·8	0·70°		0·30	2·3
m?	1·42°	9%	0·62	2·3	1·21°	12%	0·34	3·6	1·13°	21%	0·60	1·9	1·06°	17%	0·45	2·4
m	1·66°	49%	0·59	2·8	1·33°	28%	0·38	3·5	1·39°	51%	0·71	1·9	1·42°	37%	0·45	3·1
m!																
!																

Lage 2.

	V (54)		D	G	VI (57)		D	G
0	0·70°		0·28	2·5	0·63°		0·20	3·1
0?								
?	0·97°		0·32	3·0	0·92°		0·28	3·3
?m	1·10°		0·27	4·4	1·15°		0·40	2·9
m?	1·17°	13%	0·37	3·1	1·17°	21%	0·33	3·5
m	1·53°	37%	0·51	3·0	1·33°	33%	0·30	4·4
m!								
!								

Die *m*-Mittelwerthe sind: 1·66°, 1·33°, 1·39°, 1·42° bei den mittleren Geschwindigkeiten 2·8, 3·5, 1·9 und 3·1.

Serie I: Die gesammten Ausschläge gehen von 1·01—2·50°, darunter die merklichen von 1·12° ab; dieselben betragen 61 Procent der überhaupt von dieser Grenze ab erfolgten Bewegungen. Solche von 1·12—1·47° sind 14 ausgeführt, von denen nur 4 merklich; von 1·48—1·60° gleichfalls 14, darunter 11 merkliche. Die Geschwindigkeit der untermerklichen ist unwesentlich von derjenigen der merklichen unterschieden. Hiernach ist 1·48° Schwellenwerth. 50 Procent der merklichen Bewegungen fallen zwischen 1·48 und

$1 \cdot 60^0$. Auffallend erscheint der grosse *o*-Mittelwerth: 1·26. Die nähere Betrachtung zeigt jedoch, dass sich eine bestimmte Grenze, unterhalb welcher die Excursion überhaupt keine Empfindung erregt, in dieser Serie nicht angeben lässt. Es wurden nämlich Excursionen im Betrage von $1 \cdot 01 - 1 \cdot 04^0$ im Ganzen sechs ausgeführt, von welchen bei ziemlich gleicher Geschwindigkeit zwei = *o*, vier = *?* waren. Es ist jedoch zu vermuthen, dass die Null-Grenze unweit unterhalb dieses Bereiches liegt.

Serie II: Die gesammten Elongationen gehen von $0 \cdot 32 - 1 \cdot 84^0$, bei auffallend geringen Schwankungen der Geschwindigkeit; die merklichen setzen bei $0 \cdot 90^0$ ein und machen unter den von dieser Grenze ab erfolgten Bewegungen 40 Procent aus. Von $0 \cdot 90 - 1 \cdot 23^0$ 23 Excursionen, von denen nur drei merklich; von $1 \cdot 24 - 1 \cdot 26^0$ elf, von denen acht merklich. Daher $1 \cdot 24^0$ Schwellenwerth. Diese acht bedeuten zugleich 50 Procent sämmtlicher merklichen Bewegungen. Wie der Schwellenwerth sich hier niedriger gestaltet als bei der vorigen Serie, so liegt auch die Grenze der indifferenten Sensation tiefer: es sind nämlich sieben Excursionen im Betrage von $0 \cdot 63 - 0 \cdot 68^0$ ausgeführt worden, von denen nur eine nicht gefühlt, sechs aber = *?* waren. Unterhalb $0 \cdot 41^0$ trat keine Empfindung mehr auf.

Serie III: Die gesammten Excursionen bewegen sich von $0 \cdot 67 - 2 \cdot 16^0$, ebenso die merklichen, welche 51 Procent ausmachen. Von $0 \cdot 67 - 1 \cdot 16^0$ 23 Bewegungen, von denen sieben merklich; von $1 \cdot 17 - 1 \cdot 26^0$ 15, von denen gleichfalls sieben merklich sind; von $1 \cdot 27 - 1 \cdot 53^0$ 14, von denen neun merklich. Hiernach ist $1 \cdot 17^0$ Schwellenwerth (die Geschwindigkeit der untermerklichen ist die gleiche wie die der merklichen). Oberhalb $1 \cdot 53^0$ wurden zehn Bewegungen ausgeführt, von denen neun merklich, eine = *m?* war. Somit werden die Ausschläge von $1 \cdot 53^0$ ab mit nahezu absoluter Sicherheit als Bewegung empfunden. Die Geschwindigkeit ist in dieser Serie durchweg geringer und gleicht derjenigen, welche beim Hüft- und Kniegelenk am häufigsten vertreten war (1·9), während sie in den vorigen Serien grösser war. Dass trotzdem der Schwellenwerth nicht gröber sich herausgestellt hat, bestätigt eine Erfahrung, welche wir bereits bei den beiden vorher behandelten Gelenken gemacht haben.

Serie IV: Die gesammten Bewegungen schwanken zwischen 0·54 und $1 \cdot 75^0$, so zwar, dass die merklichen bei $0 \cdot 81^0$ einsetzen. Letztere betragen 57 Procent der überhaupt von dieser Grenze an ausgeführten Bewegungen. Solche von $0 \cdot 81 - 1 \cdot 10^0$ elf, wovon drei merklich; von $1 \cdot 11 - 1 \cdot 40^0$ sieben, wovon vier merklich, und zwar liegen die drei untermerklichen zwischen 1·12 bis $1 \cdot 17^0$, so dass als Schwellenwerth der nächst höhere $1 \cdot 20^0$ angenommen werden darf. Oberhalb $1 \cdot 40^0$ 16 Excursionen, von denen 13 merklich. Die Geschwindigkeit ist wieder grösser als bei der vorigen Serie und auch bei den untermerklichen durchweg sehr erheblich und kaum von derjenigen der merklichen unterschieden. Von den merklichen Elongationnn sind 50 Procent zwischen 1·44 und $1 \cdot 64^0$ gelegen.

Die Ergebnisse sind somit bei den vier Serien recht wohl übereinstimmend und dass der Schwellenwerth der ersten Serie mit $1 \cdot 48^0$ gegen die drei folgenden: $1 \cdot 24^0$, $1 \cdot 17^0$, $1 \cdot 20^0$ etwas absticht, dürfte durch die bei jener noch herrschenden Ungeübtheit zur Genüge erklärt werden

können. Ein Unterschied zwischen den beiden Bewegungsrichtungen ist nicht hervorgetreten. Dass eine erhebliche Anzahl von Excursionen vorgenommen wurde, welche weit über den Schwellenwerth hinausgingen, wodurch die Mittelwerthe vergrössert wurden, erklärt sich aus dem Bestreben, die Kategorie der eben merklichen Bewegungen nach oben abzugrenzen; jedoch kam es trotzdem nie zu übermerklichen Empfindungen. Die Differenz der beim Fussgelenk gewonnenen Werthe gegen diejenigen der meisten anderen Gelenke ist gewiss sehr bemerkenswerth.

Lage 2.

Der Fuss ist zum Unterschenkel in einen Winkel von 150° gestellt. 111 Versuche in 2 Serien.

Die *m*-Mittelwerthe sind 1·53 und 1·33° bei den mittleren Geschwindigkeiten 3·0 und 4·4.

Serie V: Die gesammten Excursionen gehen von 0·65—2·00°, die merklichen von 1·01° ab; letztere betragen 52 Procent der überhaupt von dieser Grenze ab vorgekommenen Bewegungen. Von 1·01—1·30° 22 Bewegungen, von welchen nur fünf merklich; von 1·31—1·40° drei, wovon zwei merklich; oberhalb 1·40° 13, sämmtlich merklich. Die Geschwindigkeit ist bei allen nahezu dieselbe. Hiernach ist 1·31° Schwellenwerth. Da jedoch schon von 1·41° ab die Bewegungen absolut sicher merklich gefühlt werden, so ist anzunehmen, dass der Schwellenwerth in Folge der ungünstigen Verzettelung der Werthe im Bereich 1·01—1·30° zu hoch ausgefallen ist, in Wirklichkeit also wohl tiefer liegt. Die Grenze der unmerklichen Elongationen liegt unterhalb 0·72°, denn von hier bis 0·78° wurden sechs ausgeführt, von welchen nur eine = *o*, fünf = *?* waren.

Serie VI: Die gesammten Bewegungen gehen von 0·54—1·91°, die merklichen setzen bei 0·99° ein; dieselben betragen 45 Procent der überhaupt von dieser Grenze ab gelegenen Ausschläge. Von 0·99—1·10° 13, von denen drei merklich; von 1·11—1·20° zwölf, von denen sieben merklich; von 1·21 bis 1·30° sieben, mit zwei merklichen; von 1·31—1·40° sechs, mit zwei merklichen; endlich oberhalb 1·40 fünf, sämmtlich merklich. Die Verzettelung der Werthe ist einer Schwellenwerths-Bestimmung nicht günstig. Gerade die hier exorbitante Geschwindigkeit hat vielleicht dazu geführt, dass eine so grosse Anzahl umfangreicher Excursionen untermerklich ausfielen; wenigstens haben wir eine ähnliche Erfahrung schon gemacht und eine später (S. 481) noch anzustellende Betrachtung wird gleichfalls hierfür sprechen. Immerhin wird man den Schwellenwerth in dem Bereich 1·11—1·20° annehmen können, und zwar nach Art der einzelnen Beträge bei 1·15°. Die unmerklichen sind bei dieser Serie auf einen noch geringeren Betrag der Elongation beschränkt als bei der vorigen; es wurden nämlich zwischen 0·54 und 0·58° acht Bewegungen ausgeführt, von denen sechs = *?*, nur zwei = *o* waren.

Die Ergebnisse der beiden Serien sind sowohl unter sich, wie auch mit denjenigen der Lage 1 genügend übereinstimmend, um die Folgerung

zuzulassen, dass auch hier wiederum die gegenseitige Stellung der Gelenkenden bezw. die Veränderung der Muskelspannungsverhältnisse ohne Einfluss auf die Bewegungsempfindung ist.

Wie aus den vorstehenden Erörterungen hervorgegangen, wechselte bei den Fussgelenksbewegungen die Geschwindigkeit sehr wenig. Um so deutlicher tritt hier der Einfluss der Grösse der Elongation auf die verschiedenen Abstufungen der Merklichkeit hervor. Ein Blick auf die Mittelwerthtabelle wird genügen, um sich von diesem Umstande zu überzeugen, welcher bei der Mehrzahl der untersuchten Gelenke nicht mit solcher Klarheit sich entpuppt hatte.

Schwelle der Geschwindigkeit.

Tabelle XXVIII.

Fussgelenk.

	Lage 1.			Lage 2.	
	I (15) *G*	II (20) *G*	III (21) *G*	IV (23) *G*	V (25) *G*
0		2·0° 4 0·32			3·22° 1 0·5
0?	2·11° 1 0·33	2·81° 2 0·37	2·25° 1 0·32		1·55° 2 0·6
?	2·34° 7 0·5	2·54° 6 0·47	2·27° 5 0·74	2·50° 8 0·86	2·57° 6 0·6
?*m*	2·70° 2 0·6	2·81° 2 1·0	2·25° 1 0·5	2·48° 1 1·1	3·17° 1 0·65
m?		2·84° 1 1·1	2·34° 1 0·5	3·10° 5 1·3	2·23° 3 0·9
m	2·63° 5 1·2	2·79° 5 1·4	2·30° 13 1·5	3·10° 9 1·8	2·39° 12 1·4
m!					
!					

Lage 1 (Winkel von 90°).

56 Versuche in 3 Serien mit den *m*-Mittelwerthen: 1·2, 1·4, 1·5.

Serie I:

o?: 0·33;
?: 0·19. 0·29. 0·32. 0·52. 0·55. 0·55. 1·0;
?m: 0·58. 0·65;
m: 0·76. 1·2. 1·4. 1·4. 1·4.

Hiernach ist der Schwellenwerth = 0·76.

Serie II:

o: 0·3. 0·3. 0·35. 0·36;
o?: 0·3. 0·44;
?: 0·3. 0.32. 0·42. 0·5. 0·6 0·7;
?m: 0·9. 1·1;
m?: 1·1;
m: 0·7. 1·0. 1·6. 1·6. 2·0.

Der Schwellenwerth ist hier nicht genau festzustellen, weil bei den merklichen eine Lücke zwischen 0·7 und 1·0 besteht. Nach dem vorliegenden Material dürfte er kaum unterhalb 1·0 zu setzen sein.

Serie III:

o?: 0·32;
?: 0·45. 0·52. 0·85. 0·9. 1·0;
?m: 0·5;
m?: 0·5;
m: 0·77. 0·8. 0·9. 1·0. 1·0. 1·0. 1·1. 1·1. 1·1. 1·4. 1·7. 2·9. 5·0.

Die Werthe 0·77—0·9 sind etwas öfter merklich als untermerklich; daher kann der Schwellenwerth schon bei 0·77 angenommen werden. Wie man sieht, ist hier der Werth 1·0, welcher in der vorigen ungünstig constellirten Serie als Schwellenwerth imponirte, schon von sehr erheblicher Sicherheit des Erfolges.

Die Ergebnisse der drei Serien sind bis auf dasjenige der zweiten, welches wir jedoch wegen ungünstiger Gruppirung der Werthe beanstandet hatten, übereinstimmend und zeigen, dass das Fussgelenk nicht blos bezüglich der Schwelle der Excursion, sondern auch bezüglich derjenigen der Geschwindigkeit dem Hüft- und auch Kniegelenk nachsteht. Es kommt hinzu, dass die betreffenden Elongationen, welche zur Ermittelung der Geschwindigkeitsschwelle dienten, beim Fussgelenk durchweg grösser sind als bei den vorerwähnten Gelenken, dass demnach gemäss einer schon erwähnten Beziehung die Verhältnisse eher für eine niedrigere Geschwindigkeitsschwelle günstig waren.

Lage 2 (Winkel von 150°).

48 Versuche in 2 Serien, mit den *m*-Mittelwerthen: 1·8 und 1.4.

Serie IV:

?: 0·4. 0·8. 0·8. 0·8. 0·9. 1·0. 1·1. 1·1;
?m: 1·1;
m?: 1·0. 1·1. 1·3. 1·4. 1·7;
m: 1·1. 1·4. 1·4. 1·7. 1·7. 1·7. 2·0. 2·5. 2·5.

Hiernach ist 1·4 Schwellenwerth.

Serie V:

o: 0·5;
o?: 0·52. 0·7;
?: 0·4. 0·47. 0·55. 0·6. 0·62. 1·0;
?m: 0·65;
m?: 0·47. 0·52. 1·7;
m: 0·8. 0·8. 0·9. 0·9. 1·1. 1·4. 1·7. 1·7. 1·7. 1·7. 2·0. 2·0.

Hiernach ist 0·8 Schwellenwerth.

Eine genügende Erklärung für diese Disharmonie der Werthe giebt eine Bemerkung auf dem Blatt der fünften Serie, dass das Bewegungsgefühl schon dem unmittelbaren Eindruck nach besser sei als bei der vorigen Serie, weil die Fesselung des Unterschenkels bei letzterer störende Sensationen verursacht habe. Wir werden daher als gültiges und vergleichbares Resultat das der Serie V (0·8) nehmen, welches denn auch mit dem Ergebniss der Lage 1 übereinstimmt. Ein Unterschied der Richtung trat ebensowenig wie bei der Excursionsschwelle hervor.

In dem vorstehenden Bericht und den beigefügten tabellarischen Zusammenstellungen und Berechnungen ist ausser einer verunglückten Serie von 12 Versuchen am Ellbogengelenk sowie einzelnen der grossen Bewegungen, welche in sich ungleichmässig verlaufen waren, kein einziger Versuch weggelassen worden.

Ueber die Beziehung der Bewegungsempfindung zur Aufwärts- oder Abwärtsrichtung der Bewegung.

An mehreren Gliedabschnitten haben wir einen Unterschied der Bewegungsempfindung bei der aufwärts und der abwärts gerichteten Bewegung constatiren können und auch bereits die Frage gestellt, ob es sich um einen essentiellen Einfluss der Bewegungsrichtung oder um gewisse mit der Aufwärtsbewegung verbundene störende Sensationen handle. Diese Frage hat eine so allgemeine Bedeutung, dass im folgenden eine vergleichende Betrachtung der bei den beiden Richtungen ermittelten Werthe angestellt werden soll, welche die sämmtlichen grösseren Gelenke betrifft. Da zwischen den einzelnen Lagen eines Gelenkes bis auf wenige Ausnahmen keine nennenswerthen Unterschiede sich ergeben haben, so können wir dieselben je zusammenfassen und gewinnen dadurch den Vortheil einer grösseren einheitlich zu verwerthenden Versuchszahl.

Ellbogengelenk.

Es waren 321 Bewegungen ausgeführt worden (behufs Ermittelung der Excursionsschwelle) und zwar 162 ↓- und 159 ↑-Bewegungen.

Der Erfolg derselben geht aus folgender Zusammenstellung hervor:

	↓	↑
0:	22	12
0?:	1	1
?:	33	18
?*m*:	7	8
m?:	16	15
m:	76	81
m!:	6	6
Summa:	161	141

Mit störender Druckempfindung verbunden waren ferner 19, und zwar eine ↓- und 18 ↑-Bewegungen. Je nach dem Grade von Deutlichkeit, mit welchem trotz des Druckes noch Bewegung zu erkennen war, werden auch hier die verschiedenen Kategorien unterschieden. Danach ist der Erfolg bei den 19 Bewegungen wie folgt:

	↓	↑
0 *Dr*:	1	2
? *Dr*:	—	2
m Dr:	—	11
m! *Dr*:	—	3
Summa:	1	18

Somit sind, wenn wir Alles zusammenfassen, unter den ↑-Bewegungen relativ mehr merkliche und weniger von der Kategorie 0 und ?, als bei den ↓-Bewegungen. Unterscheiden sich nun die beiden Richtungen nach der Grösse der Elongation oder der Geschwindigkeit? Der Durchschnittswerth sämmtlicher ↓-Bewegungen beträgt 0·54° bei 0·60 Dauer, also 0·9 *G*; derjenige der ↑-Bewegungen 0·64° bei 0·61 Dauer und 1·0 *G*. Hierbei sind die durch Druck gestörten Bewegungen nicht mit verrechnet. Die Mittelwerthe der *eben merklichen* Bewegungen mit einander verglichen betragen bei den ↓: 0·58°, 0·59, 1·0 *G*, bei den ↑: 0·67°, 0·58, 1·1 *G*, und bei den mit Druck einhergehenden: 0·81°, 0·60, 1·3 *G*. Hiernach also erweisen sich die Aufwärtsbewegungen als etwas ausgiebiger und schneller als die entgegengesetzt gerichteten. Es ist anzunehmen, dass *aus diesem Grunde* eine etwas grössere Anzahl derselben merklich geworden und eine geringere untermerklich und unmerklich ausgefallen ist. In der That enthalten die ↓-Bewegungen eine erheblich grössere Menge von kleinen Excursionen. Macht man eine willkürliche Grenze bei 0·51°, so zeigt sich, dass unterhalb derselben 74 ↓-, aber nur 41 ↑-Bewegungen vorgekommen sind. Die Verkürzung der nach unten gerichteten Verschiebung erklärt sich daher, dass das Ende der Bewegung vielfach sich verlangsamte, so dass es von der Messung ausgeschlossen werden musste und offenbar auch für die Empfindung ausfiel, während die unter positivem Druck producirte Aufwärtsbewegung von Anfang bis zu Ende mit gleicher Geschwindigkeit zurückgelegt wurde. Die beistehende Figur zeigt eine solche am

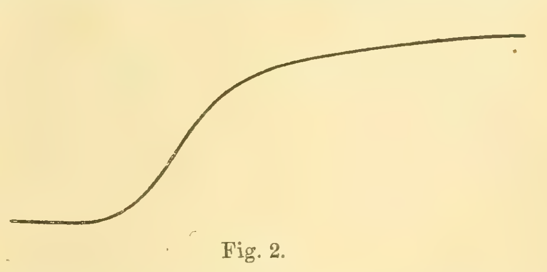


Fig. 2.

Ende langsam verlaufende Abwärtsbewegung (der Schreibhebel kehrte dieselbe um). Im Uebrigen ist der Grössenunterschied der beiderseitigen Ergebnisse aber so gering, dass sie bei der Gestaltung der früher geschilderten Resultate belanglos sind, besonders da in jeder Serie nahezu die gleiche Anzahl von ↓- und ↑-Bewegungen vorhanden war.

Schultergelenk.

Es waren im Ganzen 801 Bewegungen ausgelöst worden und zwar 403 ↓ und 398 ↑ gerichtete. Die Häufigkeit, mit welcher bei jeder Richtungsart die bezüglichen Abstufungen der Merklichkeit auftraten, zeigt die folgende Zusammenstellung:

	↓	↑
0:	48	10
0?:	15	7
?:	60	36
?*m*:	41	23
m?:	44	26
m:	194	230
m!:	1	24
!:	—	—
Summa:	403	356

Hierzu kommen 42, welche durch Druck gestört waren. Dieselben sind sämmtlich aufwärts gerichtet und vertheilen sich wie folgt:

0 *Dr*:	7
? *Dr*:	4
?*m* *Dr*:	2
m? *Dr*:	1
m *Dr*:	24
m! *Dr*:	3
! *Dr*:	1
Summa:	42

Wir finden also hier dieselbe Erscheinung wieder wie beim Ellbogengelenk, nur noch ausgesprochener. Die ↓-Bewegungen enthalten im Vergleich zu den ↑ gerichteten mehr untermerkliche und weniger merkliche und übermerkliche Elongationen. Die Gesammt-Mittelwerthe verhalten sich:

↓:	0·35^{0}	0·60	0·58 *G*
↑:	0·39^{0}	0.53	0·73 *G*

Die Mittelwerthe der merklichen:

↓: 0·37° 0·55 0·67 *G*

↑: 0·43° 0·49 0·89 *G*

Die mit Druck verbundenen sind hierbei nicht eingerechnet. Der Mittelwerth der merklichen beträgt bei ihnen:

0·44° 0·41 1·0 *G*

Auch beim Schultergelenk also dürfte sich der bessere Erfolg der aufwärts gerichteten Bewegungen dadurch erklären, dass unter letzteren sich eben eine grössere Anzahl solcher Excursionen befand, welche nach Grösse und Geschwindigkeit geeignet waren, merklich zu werden. Dass von einer Bevorzugung der Aufwärtsrichtung an sich in der Empfindung nicht die Rede sein kann, geht aus folgender Zusammenstellung der Mittelwerthe der untermerklichen Kategorien hervor:

	↓			↑		
0:	0·30°	0·72	0·41 *G*	0·32°	0·69	0·46 *G*
0?:	0·32°	0·65	0·49 „	0·36°	0·85	0·42 „
?:	0·32°	0·65	0·49 „	0·41°	0·70	0·58 „
?*m*:	0·34°	0·59	0·59 „	0·36°	0·70	0·51 „
m?:	0·33°	0·58	0·57 „	0·37°	0·52	0·71 „
m:	0·37°	0·55	0·67 „	0·43°	0·49	0·89 „

Man könnte, wenn man aus so kleinen Differenzen überhaupt etwas schliessen wollte, eher folgern, dass die Empfindung bei den Aufwärtsbewegungen etwas undeutlicher sei, weil die Mittelwerthe und auch mehrfach die Geschwindigkeiten der letzteren etwas diejenigen der Abwärtsbewegungen in den entsprechenden Kategorien überragen. Dies würde sich aber genügend durch den Umstand erklären lassen, dass die Aufwärtsbewegungen in weit höherem Grade durch Druckempfindungen complicirt werden, wie sich dies ja schon aus der einseitigen Vertheilung der durch Druck geradezu gestörten Excursionen auf die genannte Richtung ergiebt.

Hüftgelenk.

Es waren 480 ↓- und 277 ↑-Bewegungen ausgeführt worden. Die ersteren wurden bevorzugt, weil es sich schon während der Versuche in der unmittelbaren Empfindung kundgab, dass die Aufwärtsbewegungen durch störende Sensationen von Druck und Erschütterung undeutlicher percipirt wurden. Von denselben sind 83 durch die genannten Empfindungen erheblicher gestört worden, dagegen bei den ↓ gerichteten nur 4. Merklich waren bei der letztgenannten Bewegungsrichtung 250, wovon

sechs übermerklich; bei der Aufwärtsbewegung 40, wovon eine übermerklich. Demnach bei

↓: 52 Procent merklich,
↑: 20 „ „

Nicht günstiger wird das Verhältniss für die Aufwärtsrichtung, wenn man die durch Druck gestörten mit verrechnet. Dann sind

von 480 ↓-Bewegungen 251 = 52 Procent,
„ 277 ↑ „ 50 = 18 „

merklich geworden.

An der in Rede stehenden Extremität findet also das Gegentheil von dem statt, was wir beim Ellbogen- und Schultergelenk ermittelt hatten: die Aufwärtsbewegungen werden schlechter gefühlt als die entgegengesetzt gerichteten. Der Mittelwerth der gesammten ↓-Bewegungen beträgt 0·73° bei 0·40 Dauer und 1·8 Geschwindigkeit, derjenige der ↑-Bewegungen: 0·81°, 0·48, 1·7° *G*. Somit kann in der Grösse oder Geschwindigkeit der Excursionen nicht der Grund zu jenem Unterschied der Richtungen gesucht werden.

Stellt man die Durchschnittswerthe der einzelnen Kategorien bei beiden Richtungen sich gegenüber, so ergiebt sich, dass Ausschläge von gleicher Grösse und ähnlicher Geschwindigkeit bei der Aufwärtsrichtung schlechter gefühlt werden als bei der Abwärtsrichtung (die durch Druck gestörten werden dabei getrennt behandelt).

	↓			↑		
0:	0·41°	0·37	1·1 *G*	0·59°	0·52	1·1 *G*
0?:	0·32°	0·20	1·6 „	0·75°	0·55	1·3 „
?:	0·59°	0·38	1·6 „	0·78°	0·49	1·5 „
?*m*:	0·69°	0·41	1·7 „	0·81°	0·45	1·8 „
m?:	0·73°	0·46	1·6 „	0·83°	0·39	2·1 „
m:	0·81°	0·39	2·0 „	1·02°	0·49	2·0 „
m!:	0·87°	0·38	2·3 „	0·81°	0·24	3·4 „

Bei den durch Druck gestörten Bewegungen verhalten sich die Werthe folgendermaassen:

0 *Dr*:	0·60°	0·33	1·8 *G*
? *Dr*:	0·75°	0·45	1·7 „
?*m Dr*:	0·66°	0·28	2·3 „
m? *Dr*:	0·77°	0·35	2·2 „
m Dr:	0·98°	0·46	2·1 „

Hier liegt somit anscheinend ein Einfluss der Richtung selbst vor. Jedoch ist es unzweifelhaft, dass derselbe auch hier kein essentieller ist, nicht von der andersartigen Bewegung als solcher abzuleiten ist, sondern dass es sich einfach um eine aus den Nebenempfindungen des Druckes und der Erschütterung erwachsende Störung handelt. Dass dieselben mit der Aufwärtsbewegung in höherem Grade verbunden sind als mit der Abwärtsbewegung, geht schon aus dem oben mitgetheilten Verhältniss der durch Druck gestörten (83 : 4) hervor. Auch bei den nicht in diese Kategorie fallenden fehlten natürlich die erwähnten Nebenempfindungen nicht ganz, sondern thaten das ihrige, um die Bewegungsempfindung zu trüben.

Kniegelenk.

Es waren 544 Bewegungen ausgeführt worden, und zwar 273 Abwärts- und 271 Aufwärtsbewegungen. Von ersteren waren 16, von letzteren 44 durch Nebenempfindungen von Druck und Erschütterung gestört. Die folgende Zusammenstellung zeigt, mit welcher Häufigkeit bei jeder der beiden Richtungen die den verschiedenen Kategorien zugehörigen Empfindungen zur Beobachtung gelangten.

			Durch Druck gestört:	
	↓	↑	↓	↑
0:	13	21	4	12
0?:	3	3	—	—
?:	35	76	8	21
?*m*:	12	12	—	—
m?:	13	35	1	3
m:	174	80	3	8
m!:	7	—	—	—
Summa:	257	227	16	44

Hiernach sind, wie beim Hüftgelenk, die ↓-Bewegungen von besserem Erfolge begleitet als die ↑-Bewegungen, jedoch ist der Unterschied der beiden Richtungen hier nicht so bedeutend wie dort (67 Procent der ↓, 35 Procent der ↑ sind merklich geworden). Der Mittelwerth der gesammten Excursionen beträgt für die ↓ 0·71°, für die ↑ 0·77°. Stellt man jedoch die Mittelwerthe der einzelnen Kategorien sich gegenüber, so ergeben sich durchweg Differenzen zu Ungunsten der ↑-Bewegungen, woraus zu folgern, dass letztere im Vergleich zu den ↓-Bewegungen einer relativ grösseren Elongation bedürfen, um einen entsprechenden Erfolg zu erzielen.

	↓			↑		
0:	0·41°	0·27	1·5 *G*	0·56°	0·51	1·1 *G*
0?:	0·55°	0·25	2·2 „	0·66°	0·50	1·3 „
?:	0·55°	0·39	1·4 „	0·67°	0·58	1·1 „
?*m*:	0·52°	0·48	1·0 „	0·85°	0·67	1·2 „
m?:	0·61°	0·30	2·0 „	0·80°	0·62	1·3 „
m:	0·77°	0·42	1·8 „	0·89°	0·53	1·7 „
m!:	1·03°	0·46	2·2 „	—	—	—

Hierzu gesellen sich die durch Druck und Erschütterung gestörten Bewegungen:

	↓			↑		
0 *Dr*:	0·43°	0·14	3·0 *G*	0·68°	0·58	1·1 *G*
? *Dr*:	0·67°	0·19	3·5 „	0·84°	0·62	1·3 „
m? *Dr*:	0·47°	0·20	2·3 „	0·97°	0·59	1·6 „
m *Dr*:	0·59°	0·27	2·2 „	0·94°	0·74	1·2 „

Freilich ist die Geschwindigkeit der Abwärtsbewegungen vielfach grösser als die der entgegengesetzt gerichteten. Dies spricht sich auch im Gesammt-Mittelwerth aus:

↓	0·71°	0·40	1·77 *G*
↑	0·77°	0·57	1·35 „

Auch beim Hüftgelenk war in demselben Sinne, aber in geringerer Grösse, eine Differenz vorhanden. Die Erklärung wird darin zu suchen sein, dass bei einer gewissen Masse des zu bewegenden Gliedabschnittes die Druckdifferenz sich für die Abwärtsbewegung günstiger gestaltet als für die entgegensetzte Dieser Geschwindigkeitsunterschied könnte wohl einen gewissen Einfluss zu Gunsten der Abwärtsrichtung ausgeübt haben. Er ist jedoch zu unbedeutend, um ihm die ganze zwischen den beiden Richtungen hervorgetretene Differenz als Folge seiner Einwirkung zuzurechnen. Vielmehr wird auch hier mit Rücksicht darauf, dass wiederum vorzüglich die Aufwärtsbewegungen mit störenden Nebenempfindungen verbunden sind, hauptsächlich diesem Umstande die Schuld an dem schlechteren Erfolge derselben beizumessen sein.

Fussgelenk.

Es waren 328 Bewegungen ausgeführt worden, und zwar 163 ↓ und 165 ↑ gerichtete. Dieselben vertheilen sich bezüglich des Erfolges so:

	↓	↑
0:	11	5
0?:	—	1
?:	48	50
?*m*:	11	18
m?:	27	25
m:	66	65
S.:	163	164

Hierzu kommt noch eine durch Druck gestörte:

↓ 0 *Dr*: 1.

Diese ganz auffallende Gleichmässigkeit beider Richtungen finden wir in nahezu derselben Weise wieder, wenn wir die Mittelwerthe der einzelnen Empfindungskategorien einander gegenüberstellen:

	↓			↑		
0:	0·87°	0·35	2·5 *G*	0·68°	0·27	2·5 *G*
0?:	—	—	— „	1·01°	0·40	2·5 „
?:	0·95°	0·33	2·9 „	1·02°	0·41	2·5 „
?*m*:	1·03°	0·37	2·8 „	0·97°	0·39	2·5 „
m?:	1·07°	0·40	2·7 „	1·27°	0·50	2·5 „
m:	1·38°	0·47	2·9 „	1·46°	0·48	3·0 „

Die Uebereinstimmung beider Richtungen ist sowohl bezüglich der relativen Sicherheit des Erfolges wie bezüglich des Verhältnisses der Empfindung zur Elongation und Geschwindigkeit der Bewegung eine so vollkommene, wie sie nur sein kann. Hier beim Fussgelenk herrscht also kein Zweifel über die Bedeutungslosigkeit der Richtung an sich für die Bewegungsempfindung. Es ist hervorzuheben, dass hier gleichzeitig störende Nebenempfindungen von der Art, wie bei der Mehrzahl der anderen Gliedabschnitte fast gänzlich fehlten. Ganz ähnlich, wenn auch weniger vollkommen, waren die Ergebnisse beim Handgelenk und ist hier auf die bereits auf S. 393 stattgefundene Erörterung der beiden Bewegungsrichtungen bei diesem Gelenk zurückzuverweisen. Auch beim ersten Interphalangealgelenk, wo gleichfalls die Nebenempfindungen relativ geringfügig waren, hatten sich kaum Unterschiede der beiden Richtungen ergeben (s. S. 388). Beim Hüftgelenk aber, bei welchem der Unterschied des Erfolges beider Richtungen am meisten ausgesprochen war, sind auch die Nebenempfindungen am meisten hervorgetreten. Die aufgestellte Ansicht von dem Zusammenhang beider Dinge erfährt durch die beim Fussgelenk gewonnenen Resultate eine werthvolle Bekräftigung. Für die Bewegungsempfindung ist somit nach vorstehenden Ermittelungen, von störenden be-

gleitenden Eindrücken abgesehen, lediglich die Elongation und Geschwindigkeit maassgebend, dagegen irrelevant, ob die Bewegung eine hebende oder senkende ist. Da wir die Prüfungen unter Modification der gegenseitigen Stellungen der Gelenkenden angestellt haben, in Sonderheit bei dem freien Schulter- und Hüftgelenk, und zwar am vollkommensten bei dem letzteren, so ist der Schluss gerechtfertigt, dass nicht bloss die hebende und senkende, sondern überhaupt jede Richtung[1] der Bewegung für das Empfindungsvermögen derselben gleichbedeutend ist.[1] Die Ermittelungen über die Geschwindigkeitsschwelle beim Hüftgelenk, auf welche hier zurückverwiesen wird, sind für das Resultat von besonderem Werth.

Ueber die mit störenden Nebenempfindungen einhergehenden Bewegungen.

Dieselben haben bei der vorstehenden Erörterung bereits besprochen werden müssen, jedoch erübrigt es noch, einige Fragen, welche in Bezug auf dieselben aufzuwerfen sind, zu beantworten. Die Natur der bei ihnen zu Tage getretenen Empfindungen bestand darin, dass drückende Sensationen, namentlich aber ein Gefühl der Erschütterung, welches bald im ganzen Gliede bald, und zwar vorwiegend, nur in der Gegend des bewegten Gelenkes localisirt wurde, zugleich mit der Bewegungsempfindung auftraten, deren Deutlichkeit dadurch getrübt wurde. Es fragt sich nun, ob diese Sensationen im Wesen der Bewegung liegen, d. h. durch eine bestimmte Beschaffenheit (Grösse, Geschwindigkeit) derselben producirt werden, oder ob sie auf ausserwesentliche Umstände, welche mit der Versuchsanordnung zusammenhängen, zurückzuführen sind. Es ist schon gezeigt worden, dass die Sensationen hauptsächlich bei den Aufwärtsbewegungen auftraten; bei den entgegengesetzt gerichteten waren sie nur ganz vereinzelt vorhanden, bis auf das Kniegelenk, wo sie auch die Abwärtsbewegungen in grösserer Zahl begleiteten; ferner, dass sie bei dem massigsten Theil, dem gesammten Bein, am häufigsten, weniger häufig bei dem peripherisch vom Kniegelenk gelegenen, noch weniger beim Arm und dem unterhalb des Ellbogengelenks befindlichen Armtheil, so gut wie gar nicht am Fussgelenk vorkamen. Der Zusammenhang mit der Schwere bezw. der Masse des zu bewegenden Theils lässt sich hiernach kaum abweisen. Die eingehende Betrachtung der bei

[1] Da bei den untersuchten Hüftgelenksbewegungen der Gelenkkopf zum Theil rotatorische, zum Theil radiale Bewegungen ausführte (vergl. G. H. Meyer, *Die Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes*), so ist der eben ausgesprochene Satz auch auf Rotationsbewegungen zu beziehen, wenn auch Untersuchungen über die Bewegung der Gliedmaassen um die eigene Axe nicht angestellt sind. Ueberhaupt scheint es für die Empfindung gleichgültig zu sein, ob die Bewegung in irgend einer Hauptrichtung erfolgt oder eine gemischte ist.

jedem Gelenk vorgekommenen Werthe und ihre Vergleichung mit denjenigen der ohne störende Nebenempfindungen einhergehenden Bewegungen hat nun ergeben, dass jene bezüglich ihrer Grösse und Geschwindigkeit fast durchweg in den Rahmen der ungestörten Excursionen fallen. Jedoch war bei einigen eine exorbitante Geschwindigkeit zu beschuldigen. Im Allgemeinen ist überhaupt eine grössere Geschwindigkeit dem Zustandekommen der in Rede stehenden Sensationen förderlich. Speciell ist der Einfluss derselben unverkennbar bei den gestörten Abwärtsbewegungen im Kniegelenk, wie auch aus der oben (S. 478) mitgetheilten Tabelle hervorgeht. Dagegen sind keineswegs etwa besonders grosse Elongationen erforderlich. Jedoch sind die letzteren allerdings vielfach grösser als die ungestörten der entsprechenden Empfindungskategorie. Hieraus ist zu folgern, dass die Bewegungsempfindung eben durch die Nebensensationen um ein gewisses abgestumpft wird. Die oben gestellte Frage ist demnach dahin zu beantworten, dass es sich um ausserwesentliche Vorgänge handelt, welche durch die Masse des betreffenden Theiles sowie durch grosse Geschwindigkeit der Bewegung beeinflusst werden und ihren Grund wahrscheinlich in wirklichen mechanischen Erschütterungen der Massentheilchen, Zerrungen der Gelenkbänder, Compression der Gewebe am Angriffspunkte der bewegenden Kraft haben. Dass die Druckwirkung bei der Abwärtsbewegung eine geringere ist als bei der Aufwärtsbewegung, erklärt sich dadurch, dass man bei der Geringfügigkeit der Excursionen dieselben als Anfänge beschleunigter Bewegungen betrachten kann. Da der Druck des Gliedes sich durch das Maass der von der Krücke vernichteten Beschleunigung g bestimmt, so wird derselbe bei einer beschleunigten Abwärtsbewegung abnehmen.[1]

Ueber die Abhängigkeit der Geschwindigkeitsschwelle von der Elongation.

Wenn wir beim Ellbogengelenk als Geschwindigkeitsschwelle die Werthe 0·6—0·53—0·47 fanden, so musste es auffallen, dass dieselben erheblich kleiner sind als die Mittelwerthe der Geschwindigkeiten, welche den ebenmerklichen Elongationsgrössen entsprachen. Denn letztere bewegten sich fast durchweg zwischen 1·4 und 1·0 und schlossen abwärts mit 0·7. Auch wenn wir uns nicht an die Schwellenwerthe, sondern an die Mittelwerthe der eben merklichen Geschwindigkeiten halten, trifft dies noch zu, denn dieselben erstrecken sich von 0·7—0·5. Nun freilich war hier die Geschwindigkeit bis an die untere Grenze ihrer Wahrnehmbarkeit verfolgt worden, während dort ebendieselbe gerade möglichst gesteigert worden war, um das Minimum perceptibile der Elongation zu finden; es ist aber damit

[1] Vergl. die Erörterung bei Mach: *Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen.* Leipzig 1875. S. 6 ff.

nicht gesagt, dass die Geschwindigkeit so gross sein musste, um die betreffende Winkeldrehung erkennbar zu machen, ob nicht vielmehr auch geringere Geschwindigkeiten, selbst solche, wie sie nachher als Schwellenwerthe ermittelt wurden, genügt hätten. In der That hat sich ja mehrfach ergeben, und es ist bereits darauf hingewiesen worden, dass die zu den eben merklichen Excursionen zugehörigen Geschwindigkeiten in einer gewissen Breite schwanken können, welche erkennen lässt, dass die Excursionsschwellenwerthe auch schon bei geringeren Geschwindigkeiten, als sie gewöhnlich hergestellt wurden, sich fühlbar machen können. Andererseits aber war auch der Einfluss der Geschwindigkeit fast überall hervorgetreten und es konnte S. 409 nachgewiesen werden, dass die unmerklichen und untermerklichen Bewegungen gegenüber den merklichen deutliche Geschwindigkeitsunterschiede zeigen. Die durchschnittlichen Geschwindigkeiten jener bewegten sich nämlich grösstentheils zwischen 0·8 und 0·5, dieser zwischen 1·4 und 1·0, während gleichzeitig die Grössendifferenzen der Winkeldrehung vielfach nur unbedeutend waren. So finden sich in den verschiedenen Serien durchschnittliche Excursionen von 0·61—0·89° herauf bei den mittleren Geschwindigkeiten 0·5—0·8 als un- bezw. untermerklich. Hier kann der Elongationsgrösse, welche den Schwellenwerth erheblich überragt, gewiss keine Schuld gegeben werden, sondern lediglich der zu geringen Geschwindigkeit. Mittelwerthe der letzteren unterhalb 0·7 fanden sich nur bei untermerklichen Bewegungen, dagegen ergaben die Untersuchungen über die Geschwindigkeitsschwelle, dass die merklichen Geschwindigkeiten bis 0·4 herunterreichten und dass die Werthe oberhalb 0·5 fast durchweg merklich waren. Die unmerklichen Geschwindigkeiten waren bei den letztgenannten Untersuchungen in der Mehrzahl kleiner als 0·3 und überstiegen nie 0·5; dagegen finden wir in den Tabellen der Excursionsschwelle Mittelwerthe bis zu 1·1 hinauf in der 0-Kategorie, und zwar bei Elongationen von genügender Grösse, um merklich zu sein. Es kann demnach kein Zweifel darüber bestehen, dass der differente Modus der Untersuchung zur Erklärung der abweichenden Ergebnisse nicht genügt, dass vielmehr in der That die Grenzen des Perceptionsvermögens bezüglich der Geschwindigkeit sich als verschieden ergeben haben. Der Grund hierfür kann lediglich in der verschiedenen Grösse der Drehungswinkel gesucht werden, und wir gelangen somit zu dem Schlusse, dass eine grössere Elongation einer geringeren Geschwindigkeit bedarf, um merklich zu werden, als eine kleinere. Drehungen um 0·50—0·80° müssen meist mit einer Geschwindigkeit von mehr als 0·8 durchmessen werden, um merklich zu sein; solche von 1·0—2·50° dagegen sind schon bei 0·5 Geschwindigkeit mit grosser Sicherheit merklich. Eine Elongation von 0·50—0·80°, mit 0·5 Geschwindigkeit zurückgelegt, ist fast durchweg untermerklich; ihre

Fortführung auf 1·0—2·50° unter Beibehaltung der Geschwindigkeit jedoch hebt die Bewegungsempfindung über die Schwelle. Die letztere Fassung lässt zugleich das Wesen der Erscheinung erkennen: der grössere Drehungswinkel bedeutet nichts anderes als die längere absolute Dauer des Bewegungsvorganges. Eine untermerkliche, ja unmerkliche Bewegung kann durch einfache gleichmässige Fortsetzung merklich waren. Ein instructives Beispiel erwächst, wenn wir die Kategorie *?m* in Serie XVI der Excursionsschwellenversuche mit der Kategorie *m!* in Serie VI der Geschwindigkeitsschwellenversuche vergleichen: dort ist 0·59° bei 0·9 $G = ?m$, hier bei nahezu derselben (0·94) Geschwindigkeit 1·35° = *m!*. — Es muss hier noch einmal betont werden, dass die grossen Excursionen durchaus gleichmässig in sich verliefen und dass demnach etwaigen plötzlichen Steigerungen der Geschwindigkeit die in Rede stehende Erscheinung nicht beigemessen werden kann. Vereinzelte Bewegungen, deren aufgezeichnete Curven einen Wechsel der Geschwindigkeit zeigen, sind wohl vorgekommen, wurden aber überhaupt nicht ausgemessen.

Die soeben beim Ellbogengelenk abgeleitete Beziehung der eben merklichen Geschwindigkeit zur Elongationsgrösse finden wir auch bei den anderen Gelenken regelmässig wieder.

Beim Schultergelenk weist Lage 6a in Serie XXIII auf: 0·32° mit 0·4 $G = 0$. Dagegen in eben derselben Serie ist 0·37° mit 1·2 $G = m$. Hier liegt offenbar bei der Geschwindigkeit der Schwerpunkt. Aber die bei der gleichen Lage angestellten Geschwindigkeitsversuche kommen zu dem Ergebniss, dass 0·42 der Durchschnittswerth der merklichen Geschwindigkeit ist. Also der nämliche Werth hier merklich, dort Null. Noch mehr: 0·42 ist nicht nur Durchschnittswerth der *m*, sondern liegt schon im Bereich der absolut sicheren Merklichkeit, während der Schwellenwerth = 0·35 ist. Dieser Unterschied kann durch die verschiedenartige Tendenz der Versuche nicht erklärt werden. Allein bei dem einen Ergebniss handelt es sich um eine Elongation von 0·32°, bei dem andern um eine solche von 1·06°. — In Serie XLI kann man die von 0·31—0·36° schwankenden Mittelwerthe als identisch betrachten. Hiernach ergeben sich folgende Abstufungen der durchschnittlichen Geschwindigkeit: $m = 0·8$; $?m = 0·56$; $? = 0·6$; $0? = 0·5$. Dagegen ist bei derselben Lage, aber einem vierfach so grossen Winkel (1·36°) die eben merkliche Geschwindigkeit = 0·44.

Die beste Gelegenheit, die Verhältnisse bei kleinen und grossen Winkeln mit einander zu vergleichen, gewährt die Zusammenfassung aller Lagen, wie sie bei der Untersuchung über die beiden Bewegungsrichtungen durchgeführt worden ist. Wir sehen in der S. 475 gegebenen Tabelle z. B. bei den Abwärtsbewegungen eine deutlich ausgesprochene Abnahme der Geschwindigkeit von *m* bis 0; die Winkeldifferenzen sind dabei so unbedeutend,

dass man den Geschwindigkeiten eine maassgebende Bedeutung zurechnen muss. Es genügt hier thatsächlich schon eine geringe Abnahme der mittleren Geschwindigkeit (0·67), um die Bewegung untermerklich erscheinen zu lassen. Nicht ganz so glatt, aber ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Aufwärtsbewegungen (0·89). Bei den grossen Elongationen dagegen stellten sich Mittelwerthe der eben merklichen Geschwindigkeiten heraus, welche nicht nur kleiner als die eben erwähnten, sondern sogar denjenigen gleich waren, welche wir in der angezogenen Tabelle als Nullwerthe vorfinden (0·42—0·31—0·44).

Beim Hüftgelenk tritt in den Versuchen über die Excursionsschwelle die Bedeutung der Geschwindigkeit meist nicht so scharf hervor, um exacte Vergleiche mit den grossen Elongationen anstellen zu können. Jedoch einzelne Serien, wie z. B. I, XIII, XVI, XXIII sind immerhin geeignet, analoge Schlüsse wie vorher ziehen zu lassen. Ausserdem aber genügt ein Blick auf die Mittelwerthe der Geschwindigkeit bei den unmerklichen Excursionen, um auch hier wieder zu constatiren, dass dieselben vielfach nicht unerheblich grösser sind als bei den grossen Elongationen die Mittelwerthe der merklichen Bewegungen. — Eben dasselbe lässt sich vom Kniegelenk sagen. Nur beim Fussgelenk ist es wegen der Gleichförmigkeit der Geschwindigkeit nicht möglich, für die Excursions-Schwellenversuche wahrscheinliche Grenzwerthe der merklichen Geschwindigkeit anzugeben und eine Vergleichung mit den grossen Elongationen anzustellen.

Eine zahlenmässige Beziehung der eben merklichen Geschwindigkeiten von Elongationen verschiedener Grösse zu einander konnte aus dem vorhandenen Material nicht festgestellt werden, weil die Fragestellung und damit die Tendenz der Versuche bei den kleinen Ausschlägen eine andere war als bei den grossen. Die nebenstehende graphische Darstellung hat daher nur eine schematische Bedeutung. Wenn die Elongation durch die Ordinate, die Zeitdauer durch die Abscisse dargestellt werden, wenn ferner über das Verhältniss von Elongation zu Dauer und ebenso über den Schwellenwerth eine willkürliche Annahme gemacht wird, so würde etwa die nach B hin schräg aufwärts steigende Linie, welche die eben merklichen Werthe mit einander verbindet, bedeuten, dass die eben merkliche Geschwindigkeit bei allen Grössen der Winkeldrehung die gleiche ist. Die gekrümmte, nach E verlaufende Linie jedoch stellt die soeben gefundene Beziehung dar, nach welcher mit der Zunahme der Elongation die zum

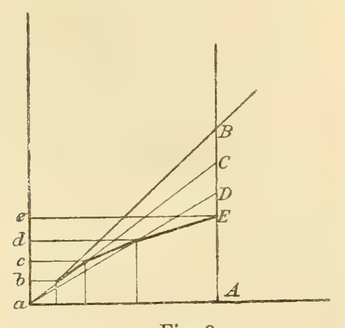


Fig. 3.

Merklichwerden erforderliche Geschwindigkeit abnimmt. Wie man leicht aus der Figur ersehen wird, entspricht, gemäss den angenommenen Phasen der Geschwindigkeitslinie, der Elongation *ab* die Geschwindigkeit *AB*, der *ac* die *AC*, der *ad* die *AD* und der *ae* die *AE*.

Sowohl der Schwellenwerth der Excursion wie derjenige der Geschwindigkeit entbehren somit einer absoluten Bedeutung: sie sind nur, der eine unter Annahme einer gewissen Geschwindigkeit, der andere unter Annahme einer gewissen Elongationsgrösse, oder, was dasselbe ist, einer gewissen absoluten Dauer der Bewegung zu verstehen. Das zweite ist nur die Umkehrung des ersten; denn wenn eine gewisse Minimal-Elongation bei einer gewissen grossen Geschwindigkeit merklich ist, bei einer geringeren aber nicht mehr, vielmehr dann vergrössert werden muss, so ist, wenn man die Frage nach der Geschwindigkeit stellt, eben dieselbe bei einer kleinen Excursion untermerklich, bei einer grösseren merklich. Demnach könnte man auch gegen die ermittelten Schwellenwerthe der Elongation und der Geschwindigkeit den Einwand erheben, dass sie keine allgemeine Gültigkeit besitzen und möglicher Weise bei grösserer Geschwindigkeit bez. grösserer Drehungsamplituden noch unterboten werden könnten. Allein was den Drehungsschwellenwerth betrifft, so war ja von vornherein eine maximale Geschwindigkeit angewendet worden. Dass dieselbe bei den verschiedenen Gliedabschnitten nicht die gleiche war, ist eine besondere noch zu besprechende, jedenfalls aber hier nicht einzuwerfende Sache; denn es war eben die bei jedem Gliede überhaupt herzustellende und statthafte Geschwindigkeit bewirkt worden. „Statthafte", weil sich vielfach ergab, dass bei einer allerdings noch möglichen weiteren Vergrösserung der Geschwindigkeit störende Sensationen von Erschütterung auftraten. Dass die maximale Geschwindigkeit nicht in allen Serien je eines Gelenkes erzielt wurde, ist aus der Darlegung der Ergebnisse hervorgegangen, zugleich aber auch, dass es nicht immer einer maximalen Geschwindigkeit zu bedürfen schien, um den gefundenen Schwellenwerth zu bestätigen. Aus diesen Gründen glaube ich die erzielten Schwellenwerthe in der That als solche ansprechen zu dürfen, welche nicht zu unterbieten sind, ihnen demnach eine ganz allgemeine Bedeutung beimessen zu können. Bezüglich der Schwellenwerthe der Geschwindigkeit allerdings muss zugestanden werden, dass es nicht ausgeschlossen erscheint, dass dieselben bei noch grösseren Elongationen sich vielleicht als noch niedriger herausstellen würden. Freilich würde aber dann die Gefahr eintreten, dass sich bezüglich der Perception der Bewegung eine Fehlerquelle einschliche, welche bei der Erörterung über die Natur der Bewegungsempfindung zu nennen ist. Ebendort wird der Versuch gemacht werden, die ermittelte Beziehung der Geschwindigkeitsschwelle zur Drehungsamplitude abzuleiten und zu begründen.

Vergleichende Betrachtung der Ergebnisse bei den verschiedenen Gelenken.

Bei dem Bericht über die Versuchsergebnisse war der Ueberblick über die gegenseitigen Verhältnisse der verschiedenen Gelenke dadurch, dass das Interesse sich den vielfachen Differenzen der Lage zuwandte, etwas getrübt worden. Nachdem sich herausgestellt hat, dass den Gelenk- und Muskellagen kein nennenswerther Einfluss zukommt, es sei denn, dass sie mit einer die Aufmerksamkeit störenden, ermüdenden Unbequemlichkeit bezw. positiven, störenden Sensationen verknüpft sind, so dürfen wir jetzt unter Zusammenfassung der bei jedem Gelenk überhaupt erhaltenen Resultate diese selbst einer vergleichenden Betrachtung unterziehen.[1]

Gelenk	Schwellenwerthe	Dazu gehörige Geschwindigkeit	Schwellenwerthe der Geschwindigkeit
Zweites Interphalangealgelenk .	1·03°—1·26° (1·44°)	—	—
Erstes Interphalangealgelenk .	0·72°—1·05°	12·4—12·8	—
Metacarpo-Phalangealgelenk .	0·34°—0·43°	3·6	—
Handgelenk	0·26°—0·42°	3·1—8·7	—
Ellbogengelenk	0·40°—0·61°	0·7—1·4	0·47—0·6
Schultergelenk	0·22°—0·42°	0·5—1·0 (1·2)	0·3—0·35
Hüftgelenk[2]	0·50°—0·79°	1·6—3·2 (1·1, 1·3)	0·25—0·6
Kniegelenk	0·50°—0·70°	1·0—2·5	0·44—0·62
Fussgelenk	1·15°—1·30° (1·48°)	1·9—3·5 (4·4)	0·76—1·4

In der beistehenden Tabelle sind einige Werthe, welche zweifellos, wie früher erörtert, durch Störungen aus dem Rahmen der übrigen gefallen waren, weggelassen. Wenn wir lediglich auf Grund der eben merklichen Elongation eine Rangordnung aufstellen wollen, so würde diese, von der schlechtesten Sinnesleistung anfangend, lauten:

Fussgelenk,
Zweites Interphalangealgelenk,
Erstes Interphalangealgelenk,
Hüftgelenk,
Kniegelenk,
Ellbogengelenk,
Metacarpo-Phalangealgelenk,

---

[1] Die eingeklammerten Werthe sind solche, welche aus der Reihe fallen.

[2] Es gereicht mir zur Freude, die einzigen bis jetzt vorgenommenen Messungen über die Wahrnehmung passiver Bewegungen, welche von Leyden herrühren, bestätigen zu können. Leyden fand, dass bei Bewegungen des Beines Winkel von $\frac{1}{2}$—1° genügen, um empfunden zu werden. (Virchow's *Archiv.* Bd. XLVII. S. 32.)

Handgelenk,
Schultergelenk.

Auch die Schwellenwerthe der Geschwindigkeit, insoweit sie bestimmt worden sind, geben diese Reihenfolge, wenigstens annähernd wieder. Es ist nämlich bezüglich des Hüftgelenks zu erinnern (s. Tabelle S. 454), dass die Mehrzahl der Werthe zwischen 0·4 und 0·6 gelegen ist und dass die niedrigeren vielleicht nicht beobachtet worden wären, wenn nicht die Versuche gegenüber den anderen Gelenken so sehr zahlreich gewesen wären. Danach würde sich die Reihenfolge ergeben:

Fussgelenk,
Kniegelenk, Ellbogengelenk, Hüftgelenk,
Schultergelenk.

Die drei hier einander gleich gesetzten Gelenke unterscheiden sich übrigens auch bezüglich der Excursionsschwellenwerthe sehr wenig.

Nun ist aber, wie die Zusammenstellung zeigt, die Geschwindigkeit, bei welcher obige Excursions-Schwellenwerthe ermittelt sind, an den verschiedenen Gelenken verschieden. Ordnen wir dieselben nach dieser, von der grössten Geschwindigkeit anfangend, so ergiebt sich die Reihenfolge:

Erstes Interphalangealgelenk,
Handgelenk, Metacarpo-Phalangealgelenk,
Fussgelenk,
Hüftgelenk,
Kniegelenk,
Ellbogengelenk,
Schultergelenk.

Die grösseren Gelenke bewahren also dieselbe Rangordnung, welche ihnen nach der Excursionsschwelle zugekommen war. Das Schultergelenk bedarf nicht bloss der relativ geringsten Winkeldrehung, sondern auch der geringsten Geschwindigkeit, um Bewegungen erkennen zu lassen, und das Fussgelenk zeigt sich nicht bloss bezüglich der nothwendigen Elongation, sondern auch bezüglich der erforderlichen Geschwindigkeit am stumpfsten veranlagt. Gemäss den vorher gemachten Erörterungen über die Beziehung der merklichen Geschwindigkeit zur Grösse der Excursion und da die zwischen den Gelenken vorhandenen Geschwindigkeitsdifferenzen gewiss nicht ganz ohne Belang sind (wenigstens sind drei Gruppen zu trennen: a) Schulter- und Ellbogengelenk, b) Kniegelenk, c) Hüft- und Fussgelenk), so werden wir uns den Abstand in der Sinnesleistung der Gelenke von einander noch grösser zu denken haben, als er nach den Excursions-Schwellenwerthen schien. Gleichzeitig erfährt die nach letzteren construirte

Stufenleiter dadurch eine werthvolle Bestätigung. Man wird nun hier fragen, wie es komme, dass die Geschwindigkeiten sich so sehr unterscheiden, da doch überall die „maximale“ erzielt werden sollte. Hierauf ist zu erwidern, dass bei enggestellten Anschlägen nur eine geringere Geschwindigkeit erreicht werden konnte, was durch die inneren Widerstände des Apparates bedingt wurde.

Eine ganz andere Stellung aber als in der obigen Stufenordnung bekommen: Handgelenk, Metacarpo- und erstes Interphalangealgelenk. Das Handgelenk, bezüglich des merklichen Excursionsminimums dem Schultergelenk gleichstehend, zeigt Geschwindigkeiten, welche die des Fussgelenkes noch erheblich überragen. Sind dieselben zum Merklichwerden nothwendig? Dies ist nicht bestimmt zu beantworten. Denn die Geschwindigkeitsschwelle ist nicht ermittelt worden und bei den Excursionsschwellen-Versuchen liess die Geschwindigkeit keinen ausgesprochenen Einfluss erkennen; nur einzelne Ausschläge schienen gelegentlich unter Mitwirkung von ungenügenden Geschwindigkeiten untermerklich geblieben zu sein. Anders verhält es sich mit den beiden anderen Gelenken. Beim Metacarpo-Phalangealgelenk zeigt der Umstand, dass der Mittelwerth der ? = $0 \cdot 49^{0}$ bei $2 \cdot 6$ *G* ist, dass hierbei offenbar der zu geringen Geschwindigkeit Ursache zu geben ist. Hiernach wird dieses Gelenk seine Stelle in der obigen Rangfolge nicht behaupten können, sobald die Ordnung auch die merkliche Geschwindigkeit berücksichtigen soll. Vom ersten Interphalangealgelenk liegen zahlenmässige Daten bezüglich der Bedeutung der Geschwindigkeit nicht vor. Jedoch wurde mittels graphischer Aufzeichnung von Bewegungen, welche in verschiedenem Tempo erfolgt waren, dargethan, dass bei einer gewissen, nicht allzu bedeutenden Verlangsamung keine Empfindung mehr erfolgte. Dieses Gelenk entfernt sich also bezüglich des in Rede stehenden Factors am weitesten von den anderen Gelenken.

Jedoch hier ist die Frage aufzuwerfen, ob den Geschwindigkeitsunterschieden zwischen verschiedenen Gelenken überhaupt dieselbe Bedeutung zukommt, wie wir sie bei je einem und demselben Gelenk allerdings erfahren haben; ob es nicht sachgemässer ist, auf die sicherlich verschiedene usuelle Geschwindigkeit in den einzelnen Gelenken Rücksicht zu nehmen, statt dieselben schematisch einheitlich zu beurtheilen. Die usuellen Gelenkbewegungen dienen im Allgemeinen dazu, Verschiebungen der peripherischen Enden des bewegten Theiles herbeizuführen. Je kürzer der letztere ist, eine desto grössere Winkelgeschwindigkeit ist nothwendig, um in einer bestimmten Zeit eine bestimmte Verschiebung des distalen Endes zu bewirken. Wenn man z. B. das Bein im Hüftgelenk so langsam hebt, dass die Fussspitze nur eine ganz leichte Bewegung erkennen lässt, so wird

die Winkelgeschwindigkeit in ersterem wahrscheinlich eine so geringe sein, wie sie von gleicher Grösse im ersten Interphalangealgelenk überhaupt nicht vorkommt. Dies Moment wird bei den mechanischen Verrichtungen der Glieder und den ihnen bei der Locomotion des Körpers zukommenden Functionen eine derartige Rolle spielen, dass man von einer usuellen Winkelgeschwindigkeit der verschiedenen Gelenke wird sprechen können. Dann wird aber bei gleichen Beträgen der Excursionsschwellenwerthe die verschiedene Geschwindigkeit nicht als ein Factor der Sinnesleistung betrachtet werden können, sobald der Unterschied sich im Sinne des usuellen bewegt. Mit dieser Auffassung würden sich in der That unsere Resultate recht gut in Uebereinstimmung bringen lassen, namentlich an der oberen Extremität:

	G
Erstes Interphalangealgelenk	12 (abgerundet)
Metacarpo-Phalangealgelenk	3·6
Handgelenk	3—8
Ellbogengelenk	0·7—1·4
Schultergelenk	0·5—1·0

Man könnte sich wohl vorstellen, dass die usuelle Gelenkgeschwindigkeit in ähnlicher Weise abnimmt.

An der unteren Extremität:

	G
Fussgelenk	1·9—3·5
Kniegelenk	1·0—2·5
Hüftgelenk	1·6—3·2

Letzteres also fällt aus der Stufenleiter heraus. Aber beim G a n g e dürfte es in der That doch auch eine grössere Winkelgeschwindigkeit haben als das Kniegelenk!

In derselben Weise könnte man auch von einem usuellen Unterschied der Excursionsgrössen der Gelenke sprechen. Bewegungen um 90° sind beim ersten Interphalangealgelenk etwas sehr Gewöhnliches, beim Hand- und Schultergelenk viel seltener und beim Hüftgelenk etwas Ungewöhnliches. Obwohl die Feinheit der Verrichtungen unserer Finger gerade eine besonders fein entwickelte Bewegungsempfindung voraussetzen lassen sollte, so ist andererseits doch die Kürze der bewegten Theile hier sehr massgebend: die Winkeldrehung im ersten Interphalangealgelenk kann vielmal grösser sein als eine solche im Schultergelenk und doch wird sie noch eine kleinere Verschiebung der Fingerspitze herbeiführen als jene. Die usuellen Excursionsunterschiede werden aber nicht lediglich von der Länge der bewegten Theile, sondern auch ganz besonders von den häufigsten Verrichtungen, welche jedem Gelenke zukommen, abhängen. Das Handgelenk ist an feinere

Bewegungen gewöhnt als das Kniegelenk, aber es wird bei der Kürze des bewegten Theiles mit grösserer Geschwindigkeit operiren. Diese usuellen Excursionsdifferenzen scheinen mir die natürlichste Basis und die plausibelste Erklärung für die ermittelten Unterschiede in der Sinnesleistung der Gelenke abzugeben, wenn es auch zu einer eingehenderen Durchführung dieser etwaigen Beziehung noch an Material gebricht. Man wird sich des Eindruckes nicht erwehren können, dass die ermittelten Werthe der Excursionsschwelle bei der Mehrzahl der Gelenke erstaunlich gering sind. Von Lageveränderungen, welche wir kaum mit dem Gesichtssinn wahrnehmen können, erhalten wir durch die Bewegungsempfindung der Gelenke Kenntniss. Es kann keine Frage sein, dass wir uns dieser Fähigkeit bei der Coordination der Bewegungen in ausgedehnter Weise bedienen und die vorliegenden Ermittelungen bieten beweiskräftiges Material dar, um die in meiner oben citirten Abhandlung ausgesprochene Ansicht von der Bedeutung der Bewegungsempfindung für die Coordination zu bestätigen. In Sonderheit ist der Umstand, dass auch am Hüft- und Kniegelenk der Schwellenwerth der eben merklichen Bewegung so geringfügige Beträge ergeben hat, für die Frage der Ataxie von Wichtigkeit. Denn da ich in meiner Arbeit mich nur auf Werthe von Seiten der Fingergelenke und des Handgelenks beziehen konnte, um die Ataxie mit Störungen in der Bewegungsempfindung in Verbindung zu bringen, so war der Einwurf möglich, dass die Bewegungsempfindung an der unteren Extremität vielleicht gar nicht jene Feinheit der Sinnesleistung aufweise, welche ihr eine entscheidende Rolle bei der Coordination sichere.

Schliesslich möchte ich darauf hinweisen, dass möglicher Weise das Maass des gegenseitigen Druckes der Gelenkenden für die Feinheit der Bewegungsempfindung nicht ganz gleichgültig ist. Beobachtungen von Lewinski bei Sensibilitätsstörungen sprechen hierfür.[1] Dies würde für die Gelenke der unteren Extremitäten von Bedeutung sein.

Ueber das Substrat und das Wesen der Bewegungsempfindung.

Der Frage nach dem Substrat der Bewegungsempfindung haben wir in gewissem Sinne schon dadurch vorgegriffen, dass wir die Ausschläge des Schreibhebels, welche zunächst doch nur die lineare Verschiebung eines Punktes des Gliedes anzeigten, in Winkelgrade des Gelenkes umrechneten. Die Berechtigung hierzu wird sich nun aus der folgenden Betrachtung ergeben, welche zugleich den Nachweis führen wird, dass die Drehung des Gelenkendes mehr ist, als ein bequemes Vergleichsmittel für die Grösse

[1] Ueber den Kraftsinn. Virchow's *Archiv.* 1879. Bd. LXXVII. S. 142.

der Bewegungen, nämlich: der für das Entstehen der Bewegungsempfindung wesentliche Theil.

Das Nächstliegende wäre freilich, aus dem gemessenen Ausschlag des Schreibhebels die Verschiebung derjenigen Gliedstelle zu berechnen, welche auf der Krücke lagerte. Warum sollte sich die Empfindung nicht an die Lageveränderung dieses Theiles oder des gesammten bewegten Gliedes, speciell der distalen Abschnitte desselben knüpfen? Man könnte sich recht wohl vorstellen, dass für die Perception der Fingerbewegung der von der Fingerspitze, für die Perception der Hüftgelenkbewegung der vom Knie oder vom Fuss zurückgelegte Weg massgebend sei. Allein es gelang auf mehrfache Art strict zu beweisen, dass es eben hierauf nicht ankommt.

Die Winkeldrehung wurde berechnet: aus dem gemessenen Schreiberausschlag und der Entfernung des zum Schreiber führenden Fadens vom Gelenk. Diese möge im Folgenden der Kürze halber E, die Entfernung des Angriffspunkes der bewegenden Kraft vom Gelenk (also die Entfernung der Mitte der Krücke) e genannt werden. Sollte für die Empfindung die von dem letztgenannten Punkte zurückgelegte Strecke maassgebend sein, so müsste an einem und demselben Gliede bei den verschiedensten Entfernungen e derselbe Betrag der Verschiebung dieses Punktes bei den eben merklichen Empfindungen sich herausstellen, somit das Ergebniss des eben merklichen Drehungswinkels durch e jedesmal modificirt werden. Ich habe nun diesem Moment von Anfang an besondere Aufmerksamkeit geschenkt, da es mir als ein sehr schwerwiegendes erschien, und bei sämmtlichen Serien die Mittelwerthe der linearen Verschiebung des Angriffspunktes für die verschiedenen Empfindungskategorieen berechnet. Während bei den grösseren Gliedabschnitten bis zur Hand hinunter, um die rechnerischen Verhältnisse gleich zu gestalten, im Allgemeinen die Entfernungen e ebenso wie E jedesmal gleich gewählt wurden, habe ich mehrfach und zwar hauptsächlich am Schulter- und Hüftgelenk diese Entfernungen variirt, und zwar bis zum doppelten Betrage und mehr. An letzterem Gelenk konnten die relativ grössten Entfernungen in Anwendung gebracht werden, dadurch, dass einfach die Ferse auf die Krücke gelegt wurde. Der Erfolg war nun hierbei regelmässig der, dass für die merklichen Empfindungen sich die Beträge der Verschiebung des Angriffspunktes geringer herausstellten, während der Winkel constant blieb. Am Anfang der Serie wurden natürlich kleinere Winkeldrehungen gewonnen, dieselben blieben aber untermerklich. Mehr und mehr wurden sie nun vergrössert und als Schwellenwerth praesentirten sich Winkel von derselben Grösse wie sie bei den gewöhnlich angewendeten e und E ermittelt waren. Hiermit ist der Beweis geliefert, dass der vom Angriffspunkt der bewegenden Kraft zurückgelegte Weg irrelevant, maassgebend vielmehr der Betrag der im Gelenk stattgefundenen

Drehung ist. Nur ein Vortheil der grösseren Entfernung ist vorhanden: die Fehlerbreite des berechneten Winkels ist geringer. — Auch die während der Bewegung vor sich gehende Lageveränderung der distalen Abschnitte des Gliedes ist für die Bewegungsempfindung gleichgültig. Wie ich gezeigt habe, macht es für den Schwellenwerth nichts aus, ob bei Bewegungen im Schulter- oder Hüftgelenk der Arm im Ellbogengelenk, das Bein im Kniegelenk gestreckt oder gebeugt ist, obwohl die von der Hand bez. dem Fuss dabei zurückgelegte Strecke erheblich verschieden ist. Der stärkste Beweisgrund aber erwächst aus der Thatsache, dass für die Bewegungsempfindung die Sensibilität des bewegten Theiles von keinem Belang ist. Ich konnte mittels des inducirten Stromes ziemlich bedeutende Grade von Hypaesthesie erzeugen und fand, dass bei Bewegungen im ersten Interphalangealgelenk des linken Zeigefingers die Durchleitung des Stromes durch den bewegten Halbfinger peripherisch vom Gelenk die Bewegungsempfindung nicht beeinträchtigte, so dass sich ungefähr derselbe Mittelwerth der eben merklichen Winkeldrehung herausstellte wie bei normaler Sensibilität.[1] Bei so starker Anaesthesie, dass selbst Nadelstiche erst beim Eindringen in die Cutis überhaupt gefühlt wurden und das Lagegefühl fast völlig aufgehoben war, fand sich nur eine ganz geringe Vergrösserung des eben merklichen Winkels und auch diese lässt sich durch Stromschleifen, welche das Gelenk getroffen, erklären (a. a. O.).

Wenn hiernach die lineare Gesammtbewegung des bewegten Theiles ausser Frage kommt, so giebt es doch noch eine zweite Möglichkeit, die Gesammtheit desselben als Substrat der Bewegungsempfindung erscheinen zu lassen: man könnte sich nämlich vorstellen, dass die Verschiebung der Massentheilchen unter einander, welche zum Theil mit einer Compression, andererseits wieder mit einer Dehnung der Gewebe verbunden ist, sowie ihre Verschiebung gegen den ruhenden Theil, mit welchem sie doch continuirlich zusammenhängen, die Bewegungsempfindung erzeuge. Dieselbe würde hiernach aus einem Complex von Druck- und Spannungsempfindungen, vielleicht auf Grund einer gewissen Vertheilung derselben, resultiren.

Aber schon die directe Beobachtung lehrt das Gegentheil: ich brachte den Unterarm in die der Lage I entsprechende Stellung (rechtwinklig gegen den Oberarm gebeugt, dabei in horizontaler Richtung), und umklammerte mit der Hand fest ein starkes, gegenüber aufgestelltes Stativ. Die Krücke berührte von unten her den Unterarm, welcher wie sonst mit der Gummimanschette armirt war. Wenn jetzt eine Pumpenbewegung ausgelöst wurde, so comprimirte die von unten her aufrückende Krücke zunächst die Weich-

[1] Siehe die Zahlenwerthe in meiner schon citirten Arbeit: „*Ueber den Muskelsinn und die Theorie der Ataxie*". Ich muss hier sowie im Folgenden mehrfach auf dieselbe, in welcher ich die in Rede stehende Frage schon besprochen habe, verweisen.

theile bis zu einer gewissen Grenze, um schliesslich dann trotz der Fixirung eine geringe Locomotion des Gliedes herbeizuführen. Letztere konnte jedoch durch geeignete Stellung der Anschläge auf ein Minimum reducirt werden. Unter diesen Umständen nun fühlte ich sowohl bei der Aufwärts- wie in geringerem Grade bei der Abwärtsbewegung der Krücke Druck- und Spannungsempfindungen, und zwar von intensiverer Art als bei der Locomotion des Gliedes: dieselben hatten jedoch nicht die geringste Aehnlichkeit mit einer Bewegungsempfindung, wie sie sofort auftrat, sobald der Arm ohne Fixirung auf der Krücke lastete. Immerhin könnte man hiergegen noch einwenden, dass die Verschiebung der Massentheilchen eine andere sei als bei der Locomotion eines Gliedabschnittes. Aber wenn wir bei letzerer unser Augenmerk einmal auf das Auftreten der Druckempfindungen, andererseits auf dasjenige der Bewegungsempfindung richten, so ergiebt sich, wie bereits S. 375 mitgetheilt, dass erstere schon bei einer viel geringeren Winkeldrehung merklich werden als letztere, während sie bei genügender Vergrösserung derselben gegen die Bewegungsempfindung zurücktreten. Und nicht nur verschiedene Dinge sind, wie hieraus folgt, die beiden gegenübergestellten Sensationen, sondern die Druck- und Spannungsempfindungen stören geradezu die Bewegungsempfindung. Ich hatte deshalb auf Mittel und Wege sinnen müssen, um die Druckwirkung abzuschwächen. Es geschah dies zunächst dadurch, dass ein sehr grosser Anfangsdruck gesetzt wurde; späterhin mittelst Anwendung der mit Wasser angefüllten Gummimanschette. Beide Vornahmen hatten die Nebenwirkung, dass an der Angriffsstelle und in geringerem Grade in der ganzen unterhalb gelegenen Extremität die Sensibilität herabgesetzt wurde. Die Bewegungsempfindung aber trat um so deutlicher hervor, je mehr die Druckempfindung durch die genannten Maassregeln abgeschwächt wurde. Am Finger konnte ich mich überzeugen, dass ein mässig starker inducirter Strom, welcher eine geringe oberflächliche Hypaesthesie erzeugt, die Bewegungsempfindung sogar reiner zum Bewusstsein kommen lässt, weil gewisse störende Nebenempfindungen fehlen (vergl. Erstes Interphalangealgelenk, Serie X, S. 386). Wie früher auseinandergesetzt worden ist, documentirte sich der störende Einfluss der Druckempfindungen darin, dass die Winkeldrehung entsprechend vergrössert werden musste, um eben merklich zu werden; und derselbe trat an den schwersten und umfangreichsten Gliedern, bei welchen die Verschiebungen der Massentheilchen am Vielfältigsten sein mussten, am meisten hervor. Endlich ist wieder der Umstand, dass die Anaesthesie des bewegten Theiles von keinem erheblichen Belang ist, ein gewichtiger Grund gegen die Bedeutung der innerhalb der Masse desselben vor sich gehenden Bewegung für die Bewegungsempfindung. Ganz anders aber, sobald eine verminderte Empfindlichkeit des Gelenkes selbst, in welchem die Bewegung stattfindet,

gesetzt wird. In der citirten Arbeit habe ich beweisende Beobachtungen mitgetheilt, welche lehren, dass bei Durchleitung des Stromes durch das Gelenk sowie bei Faradisation der zum Gelenk ziehenden sensiblen Nervenstämmchen ganz erhebliche Abstumpfungen der Bewegungsempfindung erzielt werden, welche einen messbaren Ausdruck dadurch erhalten, dass die zur Erzeugung einer eben merklichen Empfindung nothwendigen Winkeldrehungen bedeutend vergrössert werden müssen. Durch Gegenüberstellung dieser Ergebnisse und derjenigen, welche man bei Faradisation des peripherisch vom Gelenk gelegenen Theiles erhält, konnte ich an dem angeführten Orte nachweisen, dass weder der oberflächlichen noch der tiefen Sensibilität desselben, sondern vielmehr der Gelenksensibilität die Bewegungsempfindung zu verdanken ist (ich muss bezüglich des Näheren dorthin verweisen). Auch der Umstand, dass das Bewegungsgefühl von uns in der Gegend des in Frage kommenden Gelenkes localisirt wird, weist auf die Gelenksensibilität als Substrat desselben hin. Hiermit ist zugleich die Berechtigung unseres Vorgehens, nämlich die Schreibhebelausschläge in Winkelgrade der Gelenkdrehung umzurechnen, nachgewiesen. Allein noch könnte eingewendet werden, dass nicht nothwendig die Drehung des einen Gelenkendes um das andere, sondern vielleicht die Erschütterung der gesammten das Gelenk zusammensetzenden Theile das Wesentliche sei, besonders im Hinblick darauf, dass die Versuche zum grössten Theile bei maximaler Geschwindigkeit angestellt sind. Aber wir haben erfahren, dass die Steigerung der Geschwindigkeit über ein gewisses Maass die Bewegungsempfindung nicht weiter befördert, vielmehr sogar eine störende „Sensation von Erschütterung“ zu Stande kommen lässt, während andererseits bei den Versuchen über die Geschwindigkeitsschwellen sich so geringe Geschwindigkeiten als merklich herausgestellt haben, dass an eine Erschütterung nicht gedacht werden kann. Die Bedeutung der absoluten Grösse der Drehung endlich, wie sie aus den übereinstimmenden Resultaten je eines Gliedabschnittes und den constanten Unterschieden zwischen den verschiedenen Gliedtheilen hervorgeht, ist mit der Annahme einer Erschütterung völlig unvereinbar.

Es handelt sich weiter um die Frage, *welchem Theile* des Gelenks die Bewegungsempfindung entstammt; wir werden uns hierbei damit begnügen, zwischen oberflächlicher und tiefer Gelenksensibilität eine Entscheidung zu treffen. Dass die das Gelenk bedeckende *äussere Haut* wesentlich sei, dagegen spricht schon der geringe Betrag der merklichen Gelenkbewegungen. Auch pflegen gerade Sensationen, welche der Haut entstammen, in derselben localisirt zu werden, was hier nicht der Fall ist; bei grösseren Bewegungen aber treten Hautsensationen ein, welche dann sehr wohl von der Bewegungsempfindung unterschieden werden. Hierzu kommt, dass die Ergebnisse bei den einzelnen Gelenken eine Beziehung zu den jeweiligen

Verhältnissen der Hautdecke vermissen lassen. Beim Hüftgelenk ist die in Bewegung gesetzte Hautfläche grösser als beim Cubitalgelenk; dennoch ist die Sinnesleistung bei demselben geringer. Bei den Fingergelenken, dem Hand- und Fussgelenk wird die Haut durch die Gelenkbewegungen relativ mehr verschoben als etwa beim Schultergelenk; aber auch dies lässt keinen Einfluss erkennen. Auch die gemeinschaftliche Berücksichtigung beider Momente führt nicht weiter. Entscheidend ist eine in meiner citirten Arbeit S. 102 mitgetheilte Versuchsreihe am ersten Interphalangealgelenk. Bei derselben war mittelst inducirten Stromes die Sensibilität der das Gelenk bedeckenden Haut so herabgesetzt, dass Nadelstiche erst percipirt wurden, wenn sie Blut zu Tage förderten. Der Mittelwerth der eben merklichen Bewegung betrug hierbei 3·14°. Mit dieser noch übrigen Fähigkeit hatte somit die Hautsensibilität sicher nichts zu thun. Für die feineren Verschiebungen aber kommt sie ganz gewiss nicht in Betracht! Demnach ist es die Sensibilität der Gelenkenden selbst und vielleicht des Band- und Kapselapparates, welcher die Bewegungsempfindung ihre Entstehung verdankt; eine weitere Differenzirung erscheint zur Zeit unmöglich.

Welche Rolle nun spielen die Muskeln bei der Bewegungsempfindung? Nach den Faradisationsversuchen wäre eine Mitwirkung derselben noch recht wohl denkbar. Es war nicht gelungen, die Bewegungsempfindung mittelst Faradisation des Gelenks ganz aufzuheben, sondern nur, sie abzustumpfen. Die bei den verschiedenen Versuchsreihen erhaltenen Mittelwerthe der eben merklichen Bewegung bei den stärksten zur Anwendung gekommenen Strömen am ersten Interphalangealgelenk betrugen: 2·50° — 2·86° — 3·14° — 3·56° — 3·66° — 3·80°. Es lässt sich zwar mit gutem Recht voraussetzen, dass stärkere Ströme, welche nur in Folge des Schmerzes sich verboten, eine noch weitere Herabsetzung der Bewegungsempfindung bewirkt hätten, da, wie der vorhin erwähnte Versuch beweist, in der Tiefe die Sensibilität noch keineswegs aufgehoben war — allein man könnte doch auch aufstellen, dass eine Aufhebung der Bewegungsempfindung deshalb nicht möglich war, weil bei derselben die Muskelsensibilität mitwirke. Zunächst möge hier festgestellt sein, dass für die Perception der feinsten Bewegungen die Muskeln, wie aus den angegebenen Faradisationsversuchen folgt, sicher ohne Bedeutung sind. Dies ist auch schon aus dem ungemein geringen Betrage der merklichen Gelenkbewegungen zu folgern. Wenn behauptet worden ist,[1] dass diese Schwierigkeit dadurch beglichen werde, dass die Gelenkbewegung sich auf sehr viele Muskeln übertrage und demgemäss eine Art von Reizsummation stattfinde, so möchte ich hier das Verhalten des Hüftgelenkes einerseits und das des Metacarpo-Phalangeal- und Hand-

[1] Karl Schäfer, Ueber die Wahrnehmung eigener passiver Bewegungen durch den Muskelsinn. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1887. Bd. XLI. S. 566.

gelenkes andererseits einander gegenüberstellen: die Summation müsste doch bei ersterem gewiss nicht unerheblich grösser sein; allein die Sinnesleistung steht derjenigen der letztgenannten Gelenke nach. Es kann sich demnach nur noch um die Frage handeln, ob für die Empfindung ausgiebigerer Bewegungen der Muskelsensibilität eine Mitwirkung zuzusprechen ist. Wir haben oben einen Unterschied kleinster und grösserer Excursionen kennen gelernt: dass nämlich die Schwelle der Geschwindigkeit bei letzteren verfeinert ist. Man könnte hierfür die Erklärung für passend befinden, dass bei den grösseren Bewegungen die Muskelsensibilität als neues Werkzeug hinzutrete. Aber eine scharfe Waffe gegen die Bedeutung der Muskelsensibilität auch nur für die grösseren Bewegungen erwächst aus den Ergebnissen, welche wir bei den Modificationen der Gelenklagen erhielten. Dieselben zeigten sich nämlich ohne Einfluss auf die Feinheit der Bewegungsempfindung, und zwar nicht nur bezüglich der Schwelle der Excursion, sondern auch bezüglich derjenigen der Geschwindigkeit. Man sollte nun aber doch meinen, dass, wenn die passive Erschlaffung oder Dehnung oder beides gemeinschaftlich für die Empfindung maassgebend wären, dann der Grad des vor der Auslösung der Bewegung schon vorhandenen Erschlaffungs- oder Dehnungszustandes nicht ohne Belang für die Schärfe der Empfindung sein könnte; wenigstens pflegt bei anderen Sinnesgebieten der mehr oder weniger veränderte Zustand des Substrates von Einfluss zu sein. Ein erheblich grösseres Gewicht aber möchte ich folgendem Umstande beimessen: die Dehnung bez. Erschlaffung, welche die zwei articulirende Knochen verbindenden Muskeln erleiden, ist bei gleichen Drehungswinkeln verschieden, je nach der gegenseitigen Lage der beiden Knochen. Sie ist nämlich am bedeutendsten, wenn dieselben so zu einander stehen, dass die Richtung des Muskelzuges die Axe des bewegten Knochens rechtwinklig schneidet, und wird desto geringer, je mehr der Winkel zwischen der Richtung des Muskelzuges und dem Knochen spitz oder stumpf wird.[1] Da die Entfernung des Sehnenansatzes vom Gelenk gewöhnlich gering ist im Verhältniss zu der Entfernung des Muskelursprungs, so wird jene Lage, bei welcher die Sehnenrichtung den Knochen rechtwinklig schneidet, derjenigen sehr nahe sein, bei welcher die Gelenkenden

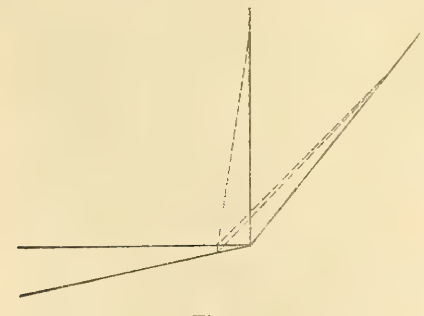


Fig. 4.

[1] In der inzwischen erschienenen Abhandlung von W. Braune und O. Fischer: *Die Rotationsmomente der Beugemuskeln am Ellbogengelenk des Menschen*, 1889, ist dies Verhältniss ausführlich besprochen und begründet.

selbst rechtwinkelig zu einander stehen. Bei letzterer muss demnach durch Bewegungnn eine erheblichere Längenveränderung der Muskeln bewirkt werden, als bei stumpf- und spitzwinkeliger Gelenklage. Ein Blick auf die obenstehende Figur zeigt dies. Dieselbe ist schematisch, mag aber z. B. die rechtwinkelige und stumpfwinkelige Lage des Unterarms, wie sie zur Untersuchung kam, andeuten. Der Unterarm selbst ist horizontal gerichtet und wird nach unten bewegt (die Excursion ist absichtlich über das wirkliche Maass hinaus vergrössert). Der Muskel würde dem Brachialis internus entsprechen. Hätte die Muskelsensibilität eine Mitwirkung in der angenommenen Weise, so müsste die Empfindung der Bewegung bei der rechtwinkeligen Lage feiner sein, als bei der spitz- und stumpfwinkeligen. Wenn dies nun bei der Excursionsschwelle nicht hervortritt, so könnte man darin nur eine Bestätigung der schon gezogenen Folgerung sehen, dass für die kleinsten Elongationen die Muskelsensibilität nicht in Betracht kommt. Aber die Geschwindigkeitsschwelle, welche bei grösseren Bewegungen untersucht wurde, müsste doch wenigstens einen entsprechenden Unterschied zeigen! Wie man sich erinnern wird, ist dies jedoch nicht der Fall. (Das Resultat beim Kniegelenk kann zu Gunsten des „Muskelsinns" nicht verwendet werden, weil die Differenz der Ergebnisse beider Lagen dort nur auf einer Unvollkommenheit der Serien beruht.)

Die Untersuchungen schliessen somit eine Mitwirkung der Muskelsensibilität bei den kleinsten passiven Bewegungen, der Excursionsschwelle, ganz aus und sprechen in hohem Grade auch gegen eine solche bei umfangreicheren Bewegungen. Dies Ergebniss erscheint mir nun um so befriedigender, als die Nothwendigkeit, neben dem Gelenk noch ein anderes Substrat für die Perception passiver Bewegungen zu suchen, durchaus nicht einzusehen ist. Die Verschiebung der Gelenkenden gegen einander ist sowohl bezüglich der Grösse und der Geschwindigkeit der Bewegung, wie auch bei jeder möglichen Gelenkstellung stets proportional der gesammten Locomotion des betreffenden Gliedabschnittes; die Verschiebung der Gelenkenden fühlen heisst in Wahrheit die Bewegung des Gliedes fühlen und ein bezüglicher Gelenksinnesapparat muss nothwendig allen Anforderungen genügen. Was einige im Körper vorkommende Bewegungen betrifft, welche ohne Gelenke vor sich gehen, so verweise ich auf meine frühere Arbeit S. 119.

Nun könnte man ein Argument, welches ich vorhin gegen die Bedeutung der Haut wie der Musculatur geltend gemacht habe, auch gegen die Gelenke vorbringen: dass nämlich die mitgetheilten Werthe der Sinnesleistung nicht im Einklang mit der jedesmaligen Grösse der Gelenkflächen stehen. Bei Excursionen von gleicher Grösse verschiebt sich am Knie-

gelenk mehr Gelenkfläche gegen einander als am Metacarpo-Phalangealgelenk. Dennoch ist die Empfindung bei letzterem feiner. Aber was sollte uns hindern, für die verschiedenen Gelenke eine unterschiedliche Empfindlichkeit auf Grund eines unterschiedlichen Nervenreichthums anzunehmen? Die Gelenke sind gesonderte Organe. Aber annehmen, dass die um das Schultergelenk liegenden Muskeln erheblich empfindlicher seien, als die den Unterschenkel mit dem Fuss verbindenden, wäre einfach ungerechtfertigt, ebenso wie die Voraussetzung, dass die Haut der Hüfte weniger empfindlich sei als diejenige der Schulter; auch an Widersprüchen würde es nicht fehlen, denn z. B. die Fingerhaut müsste eine Stellung erhalten, welche mit den sonstigen Erfahrungen über ihre Empfindlichkeit schlecht zusammenstimmen würde. Aber in den Gelenken Sinnesapparate von verschiedener Ausbildung annehmen, macht keine Schwierigkeiten. Die Innervation und Ausbildung wird wahrscheinlich mit dem Gebrauch (der usuellen Excursionsgrösse und usuellen Geschwindigkeit) im Zusamenhang stehen, derart, dass die Empfindlichkeit der Gelenke verschieden ist, je nachdem sie grössere oder kleinere, schnellere oder langsamere Excursionen zu machen gewöhnt sind.

Mit der Feststellung des Gelenkinneren als Substrat der Bewegungsempfindung ist nun für die Auffassung über das Wesen derselben schon viel gewonnen. Es handelt sich um die Cardinalfrage: Ist die im Vorhergehenden so bezeichnete und zum Gegenstand der Untersuchung gemachte Bewegungsempfindung wirklich eine einfache Empfindung oder fällt sie in die Kategorie der Wahrnehmungen? Ist die Aenderung des Lagezustandes eines Körpertheils als solche mit einer Empfindung verknüpft, welche in uns die Vorstellung des Bewegtwerdens wachruft, ganz unabhängig von dem „woher“ und „wohin“ dieser Zustandsänderung? Oder erkennen wir die Bewegung dadurch, dass wir das Erinnerungsbild des vor der Bewegung bestandenen Lagezustandes mit den nach Beendigung der Bewegung oder auch während gewisser Phasen derselben uns zugehenden Eindrücken von der Lage des Körpertheils vergleichen und auf Grund dieses psychischen Processes auf eine stattgefundene bez. stattfindende Veränderung der Lage schliessen? [1] Ich glaube nun erschöpfende Beweismomente beibringen zu können, dass beide Wege, zur Erkenntniss einer passiven Lageveränderung

[1] Es handelt sich für mich lediglich um die Frage, ob die Zustandsänderung die Empfindung erzeuge oder ob letztere von dem Anfangs- und Endzustande abstrahire. Daher kann ich es nicht für einen Fehler erachten, wenn ich auf die verschiedenen Möglichkeiten, wie der letztgenannte Vorgang zu Stande kommen könne, nicht näher eingehe. (Vergl. G. E. Müller und Schumann, Ueber die psychologischen Grundlagen der Vergleichung gehobener Gewichte. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1889. Bd. XLV. S. 71 ff.)

zu gelangen, von uns benutzt werden, dass jedoch die im Vorhergehenden untersuchte Sinnesleistung lediglich eine Bewegungsempfindung ist.

Die Wahrnehmung des Lagezustandes eines Gliedes setzt nämlich die Sensibilität derselben voraus. Wie ich (a. a. O.) ausgeführt habe, handelt es sich dabei um einen Complex von sensitiven Merkmalen, welche von der Peripherie aus zugeführt werden. Durch peripherische Faradisation des Fingers konnte ich die Lagewahrnehmung desselben fast völlig aufheben. Aber bei demselben Zustande von Hypaesthesie wurden Bewegungen noch gefühlt, ja die Bewegungsempfindung brauchte nicht einmal sehr abgestumpft zu sein. Denn die für die Lagewahrnehmung maassgebenden sensitiven Merkmale entstammen der gesammten oberflächlichen und tiefen Sensibilität des Gliedabschnittes, während für die Bewegungsempfindung es nur auf das Gelenk ankommt. — Ein zweites Beweismoment, welches ich gleichfalls schon (a. a. O.) angeführt habe, besteht in dem Umstande, dass eine Bewegung gefühlt werden kann, ohne dass eine Sicherheit über die Richtung, in welcher dieselbe geschieht, besteht. Die in Frage kommenden Beobachtungen wurden am Finger gemacht; bei den schwereren Gliedtheilen erwuchs aus der mit der Aufwärtsbewegung verbundenen Druckempfindung ein sensitives Merkmal, welches über die Richtung belehrte. Es scheint hiernach, dass die Bewegungsempfindung an sich uns über die Richtung der Bewegung nichts sagt — ein Verhältniss, welches für die Bedeutung des „Woher“ und „Wohin“ bei dem Zustandekommen der Bewegungsempfindung gewiss nicht spricht. — Ferner wäre die nachgewiesene Bedeutung der Geschwindigkeit für die Bewegungsempfindung nicht verständlich, wenn letztere aus einem die Anfangs- und Endlage vergleichenden psychischen Process resultirte. Freilich kommt auch für die Bewegungswahrnehmung die Zeitdauer, welche zwischen dem Verlassen des einen und dem Einnehmen des anderen Lagezustandes vergeht, in Betracht, insofern dieselbe so gross sein könnte, dass der Eindruck der ersteren in der Erinnerung schon zu sehr abgeblasst ist, um eine Vergleichung und somit ein Urtheil zu gestatten. Aber hier handelte es sich um äusserst geringe Zeiten, um Bruchtheile einer Secunde, und dennoch war in diesen Grenzen die Geschwindigkeit für das Merklichwerden der Bewegung entscheidend. Dass die Geschwindigkeit der Gelenkdrehung als mechanischer Reizfactor für eine auf Erregung gewisser Gelenknerven beruhende einfache Empfindung wichtig sein wird, ist leicht verständlich; dagegen müssen wir für einen complicirten Process des Urtheilens eher eine gewisse Langsamkeit der Bewegung als förderlich erwarten. Hierzu kommt, dass die beobachteten Zeiten der Gesammtdauer der Bewegung zum Theil, speciell bei den Fingergelenken so ungemein kurz sein können (0·02—0·03 Secunden), dass auch der absolute Betrag der zur Verfügung gestandenen Zeit aus dem eben

erwähnten Grunde für den bei der Wahrnehmung ablaufenden psychischen Process uns als unzureichend erscheinen muss. — Wie hier die Zeitdauer zu kurz, so müssen wir einen Theil der ermittelten Schwellenwerthe der Excursion entschieden für zu klein erachten, als dass sie je zwei deutlich differenzirte Eindrücke der Anfangs- und Endlage uns zukommen lassen sollten, — besonders wenn wir berücksichtigen, dass die sensitiven Merkmale, aus welchen sich diese Eindrücke zusammensetzen sollen, lediglich von der Gelenkgegend herstammen müssten, da der peripherisch vom Gelenk gelegene Theil ja sich als bedeutungslos für die Bewegungsempfindung herausgestellt hat. — Auch das Verhältniss der Bewegungsempfindung zu den untermerklichen Empfindungen, wie es sich bei der Erörterung der Versuchsergebnisse dargestellt hat, scheint mir in meinem Sinne ausgelegt werden zu müssen. Gehen wir von einer unmerklichen Elongation aus, so führte eine entsprechende Steigerung der beiden Reizfactoren: Drehungsgrösse und Geschwindigkeit zunächst zu einer „indifferenten Sensation", welche als eine Empfindung von nicht näher zu beschreibender Qualität, localisirt im Gelenk oder wenigstens in der Gelenkgegend und noch nicht mit der Vorstellung der Bewegung verknüpft, zu charakterisiren ist. Je günstiger sich nun weiterhin die beiden Reizfactoren (oder der eine von ihnen) gestalteten, desto mehr nahm diese Sensation die Eigenthümlichkeit der Bewegungsempfindung an, wobei mit genügender Deutlichkeit zwei Zwischenstufen des Ueberganges unterschieden werden konnten. Der continuirliche Uebergang der Empfindungsqualität einerseits, die continuirliche Steigerung der beiden Reizfactoren andererseits lassen darauf schliessen, dass die indifferente Sensation und die Bewegungsempfindung ebenso wohl nur Abstufungen eines und desselben Sinnesphaenomens sind, als die ihnen entsprechenden Reizgrössen Abstufungen nach Drehungswinkel und Geschwindigkeit darstellen. Die indifferente Sensation wäre hiernach in der That eine untermerkliche Bewegungsempfindung und letztere wäre eine zu einer gewissen Stärke gediehene Gelenksensation. — Endlich ist die Qualität der Bewegungsempfindung an sich ein nicht zu unterschätzendes Moment, ein Moment, welches die uns bis jetzt nicht gerade geläufige Vorstellung einer einfachen Bewegungsempfindung überhaupt erleichtert. Bei der Bewegungsempfindung der Netzhaut (Exner) kann man von einer besonderen „Qualität" im Gegensatz zu der Wahrnehmung der Ortsveränderung gesehener Objecte kaum sprechen, wir bedürfen daher nach diesem Beispiel an und für sich keiner eigenthümlichen Qualität für die Bewegungsempfindung ausser derjenigen, welche sich eben in dem „Bewegtwerden" ausdrückt; allein bei der Bewegungsempfindung der Gliedmaassen ist in der That eine eigenthümliche Qualität vorhanden, welche mit einer bloss örtlichen Wahrnehmung nichts gemein hat und auch von anderen Empfindungsqualitäten

genügend unterschieden ist. Wenn bei meinen Versuchen der gesammte Körper in Ruhe und Gleichgewicht war und nun plötzlich ein Arm oder Bein von unsichtbarer Gewalt gezogen abwärts sank, so trat die Empfindung des „in's Schwanken gerathen“, des „den Boden verlieren“, aber dabei nur local auf das Glied bezogen, mit einer Art „daemonischer“ Gewalt so in den Vordergrund, dass das örtlich urtheilende „Woher“ und „Wohin“ dagegen ebenso verschwand, wie wir beim Schwindel den Boden unter uns schwanken fühlen, ohne dabei zunächst genauere Wahrnehmungen über die scheinbaren Ortsveränderungen zu haben. Aber schon jede stärkere Druckempfindung, welche in dem Gliede gleichzeitig auftritt, stört diesen reinen Eindruck des Bewegtwerdens, indem sie unsere Aufmerksamkeit gleichzeitig auf den Lagezustand lenkt.

Der von Anfang an in dieser Abhandlung gebrauchte Ausdruck „Bewegungsempfindung“ dürfte hiernach zur Genüge gerechtfertigt sein; ich brauche im Uebrigen wohl kaum darauf hinzuweisen, wie sehr ich mich zu dem Wagniss, vom „Muskelsinn“ eine „einfache Bewegungsempfindung“ abzuzweigen, ermuthigt fühle durch den von Exner geführten Nachweis einer beim Gesichtssinn bestehenden „Bewegungsempfindung“. Hiermit ist zugleich der Beweis dafür geliefert, dass ich in der That berechtigt war, von einer „einfachen Reizschwelle“ der Bewegungsempfindung zu sprechen.

Selbstverständlich kann man, wie beim Auge, so auch bei den Gliedmaassen eine stattgefundene Bewegung auch durch örtliche Wahrnehmungen des vorher und nachher bestandenen Lageverhältnisses erschliessen. Es liegt gewiss nahe, zu fragen, ob bei den grösseren zur Ermittelung der Geschwindigkeitsschwelle angewendeten Excursionen nicht vielleicht dieses Mittel der Wahrnehmung mitgespielt habe. Man könnte vielleicht hierin die Erklärung dafür finden wollen, dass die Grenze der merklichen Geschwindigkeit sich niedriger stellte als bei den kleinen Ausschlägen. Aber dies ist unwahrscheinlich, einmal, weil auch hier immerhin noch die Differenzen der Gelenklageverhältnisse recht unbedeutende waren, und ferner, weil unter der gedachten Annahme die Geschwindigkeitsschwelle sich noch viel tiefer hätte stellen müssen. Denn es ist nicht einzusehen, weshalb ein zeitlicher Zwischenraum von nur einigen Secunden die Combination zweier sonst genügend deutlich zu unterscheidender Lagewahrnehmungen zu dem Urtheil „Bewegung“ unmöglich machen sollte. Das Phaenomen der Beziehung der Geschwindigkeitsschwelle zur Grösse bez. Dauer der Elongation ist jetzt, nachdem über das Wesen der Bewegungsempfindung bestimmte Vorstellungen gewonnen sind, leichter zu verstehen. Wenn die indifferente Sensation nur eine bezüglich der Intensität minderwerthige Bewegungsempfindung ist, so ist es nicht ohne Analogien bei anderen Sinnesgebieten, wenn die Intensität dieser Sensation mit ihrer Andauer zunimmt und so

lediglich hierdurch die Schwelle der merklichen Bewegungsempfindung erreicht. Allein es giebt noch ein anderes Moment, welches mir hier den Kern der Erscheinung zu bilden scheint: die verschiedenartige usuelle Dauer der Bewegung bei den einzelnen Gelenken. Es giebt Gelenke, bei welchen sehr schnell vorübergehende Bewegungen sehr gewöhnlich sind, und andere, welche kaum jemals so kurzdauernde Bewegungen vollführen. Man denke an die Functionen der Fingergelenke und des Handgelenks beim Schreiben und dem gegenüber an diejenigen des Hüftgelenks und Kniegelenks. Es handelt sich um denselben Unterschied, welcher schon oben bei der usuellen Geschwindigkeit und Excursionsgrösse besprochen war und welcher zweifelsohne für die von uns gesammelten Erinnerungsbilder der Empfindungen von Einfluss ist. Wir werden bei den erstgenannten Gelenken auf Grund unserer Erinnerungsbilder schon mit einem kurz dauernden Vorgang die Vorstellung des Bewegtseins verbinden, bei den letztgenannten hingegen erst bei einer längeren Dauer des Vorganges. Kommt daher nun bei diesen eine aussergewöhnlich schnell vorübergehende Bewegung und demgemäss auch Empfindung zur Beobachtung, so wird letztere der mit einer längeren Andauer verquickten Qualität des Erinnerungsbildes nicht conform sein und daher als zweifelhaft oder indifferent bezeichnet werden. Eine grössere Dauer derselben aber wird genügen, um ihr bei völliger Gleichheit aller sonstigen Umstände das zu verleihen, was sie von dem Erinnerungsbilde schied. Auch bei den an kurzdauernde Bewegungen gewöhnten Gelenken wird immerhin die gelegentlich der Ermittelung der Excursionsschwelle zur Anwendung gekommene Geschwindigkeit noch grösser, die Elongation kürzer, die Dauer somit geringer gewesen sein als die usuelle, und wir würden daher wohl auch bei diesen eine Verfeinerung der Geschwindigkeitsschwelle durch längere Andauer der Bewegung zu erwarten haben.

Die vorstehenden Untersuchungen sind in der physiologischen Abtheilung des physiologischen Institutes in Berlin ausgeführt. Dem Leiter derselben, Hrn. Professor Dr. Gad, bin ich für Rath und Hülfe vielfach dankbar verpflichtet.

Kurze Bemerkung zu Alfred Goldscheider's „Untersuchungen über den Muskelsinn".

Von

Professor Dr. J. Gad.

Zu vorstehendem Aufsatze Alfred Goldscheider's muss ich mir eine kurze Bemerkung gestatten. Dieselbe betrifft nicht den eigentlichen Gegenstand der Arbeit selbst, denn mit der Verwerthung des gewonnenen Zahlenmaterials kann ich mich im Wesentlichen wie mit der Besprechung der Resultate und mit der Versuchstechnik durchaus einverstanden erklären. In der Einleitung ist jedoch eine begriffliche Auseinandersetzung enthalten, gegen welche ich ernste Bedenken zu äussern nicht unterlassen kann. Goldscheider sagt in Bezug auf den Kraftsinn: „Dieser Name beruht auf einer Abstraction, welche voraussetzt, dass wir bei der Ueberwindung der Widerstände die jeweilige von uns aufzuwendende Kraftleistung empfinden, was aber keineswegs bewiesen ist. Es wäre daher besser, die Abstraction aufzugeben und sich an die Qualität der in Rede stehenden Sinnesleistung zu halten, welche so bestimmt wie möglich ist. Es handelt sich nämlich um die wohl charakterisirten Empfindungen des Widerstandes und der Schwere, welche wir im Gegensatz zu den Wahrnehmungen von der Stellung und Bewegung unserer Glieder ausser uns zu setzen pflegen."

Hierzu muss ich Folgendes bemerken: Empfindungen setzen wir nie ausser uns, sondern die Projection des Wahrgenommenen nach aussen beruht darauf, dass sich mit der Sinnesempfindung die Vorstellung von etwas Aeusserem, welches die Empfindung veranlasst, vereinigt. Ich empfinde kalt, aber ich empfinde nicht einen kalten Gegenstand. Wenn zeitlich und räumlich die Empfindung von Kälte und Druck zusammentrifft, so entsteht die Vorstellung eines mich berührenden kalten Gegenstandes.

Zur Projection des Sinnesreizes nach Aussen gelangen wir nur durch das gleichzeitige Zusammenwirken von Empfindungen verschiedener Qualität. Allerdings sagen wir: ich empfinde Druck; damit ist aber nicht gleichberechtigt zu sagen, ich empfinde Widerstand. Thatsächlich sagt man es freilich, man muss aber doch bedenken, dass die Bedeutung von „empfinden" in beiden Fällen verschieden ist.

Die Empfindung „Druck" ist wirklich eine einfache Empfindung, wenigstens entspringt sie einem einzigen Sinnesgebiet bestimmter Qualität. Wenn wir mit der Druckempfindung die Vorstellung eines drückenden Gegenstandes vereinen, wozu ein Zwang ähnlich dem zur Projection nach Aussen auf dem Gebiete des Gesichtssinnes nicht vorhanden ist, so geschieht es, weil wir gleichzeitig andere Sinneseindrücke erhalten, welche wir auf den-

selben Gegenstand beziehen, oder weil wir uns des Resultates früherer anderweitiger Sinnescontrolen erinnern. Aehnlich wie mit dem Druck verhält es sich mit der Bewegung. Was Goldscheider auf seinem Untersuchungsgebiet eine Bewegungsempfindung nennt, ist eine Empfindung, welche, mag sie einfach oder zusammengesetzt sein, jedenfalls eigenartig ist und dadurch, dass sie in Verbindung mit anderweitig controlirbaren Lageänderungen unserer Glieder einzutreten pflegt, auch wenn sie allein auftritt, die Vorstellung der Bewegung erweckt. Die Intensität der Bewegungsempfindung wächst mit Grösse und Geschwindigkeit der ausgeführten Bewegung und die Bewegungsempfindung kann also als Maass der Bewegung dienen.

Wesentlich anders ist es mit dem Widerstand, dessen Vorstellung aus dem Bewusstsein von ertheilten Muskelinnervationen und aus Empfindungen von Spannungen und Bewegungen resultirt. Mag man nun das Bewusstsein von Muskelinnervationen auf ein besonderes Innervationsgefühl beziehen, oder mag man es als eine Art der Bewegungsvorstellungen auffassen, keinesfalls entspringt die Vorstellung des Widerstandes jemals aus einem einzelnen der drei genannten Elemente, sondern nur aus einem gewissen Werthverhältniss derselben. Als Maass des Widerstandes kann nicht die Intensität einer bestimmten Empfindung benutzt werden, sondern der Werth eines Ausdruckes, welchen man schreiben kann:

$$\frac{J \cdot S}{B}$$

wo J den Inhalt des Innervationsbewusstseins, S die Intensität der Spannungs- und Druckempfindungen und B die Intensität der Bewegungsempfindung bedeutet. (Eigentlich müsste statt B eine Function von B stehen, welche nicht selbst gleich Null wird, wenn B verschwindet.)

Wenn nun auch zugegeben werden muss, dass es Sprachgebrauch ist zu sagen, ich empfinde einen Widerstand, so erscheint es doch nicht zweckmässig, eine besondere Kategorie der „Widerstandsempfindung" aufzustellen und keinesfalls ist man berechtigt, sie als etwas Einfacheres der „Empfindung der von uns aufzuwendenden Kraftleistung" gegenüberzustellen. Noch weniger zweckmässig ist die Aufstellung der Kategorie „Empfindung der Schwere", denn die Schwerkraft ist doch nur eine von den vielen Kräften, welche mit der Muskelkraft in Wettstreit treten können. Man kann allerdings in analogem Sinne, wie man von dem Geschmack des Rothweins spricht, auch von der Empfindung der Schwere sprechen; wo es sich aber darum handelt, aus einer complicirten Sinnesleistung die Elemente herauszuschälen, da kann man weder die Empfindung von Widerstand, noch die von Schwere als etwas Einfaches anerkennen. In Bezug auf die Einfachheit lassen sie sich nicht der Bewegungsempfindung oder der Druck- und Spannungsempfindung oder dem Innervationsgefühl gleichstellen.

Ein Beitrag zur Lehre von der Fettresorption.

Von

Dr. Eugen Gröper.[1]

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Berlin.)

Seit Claude Bernard's Untersuchungen über das Pankreas sind die Vorgänge bei der Aufnahme der Nahrungsfette in den thierischen Organismus fort und fort Gegenstand der physiologischen Forschung gewesen, und viele wichtige und interessante Thatsachen sind auf diesem Gebiete im Laufe der Zeit gefunden worden. Aber zu einer abgeschlossenen und klaren Erkenntniss ist man noch bei weitem nicht gelangt, und namentlich ist die Resorption der Fette gegenwärtig noch kaum minder räthselhaft als je zuvor. Sicher ist, dass nach jeder Fettfütterung, obgleich doch feuchte Membranen von Fett nicht einmal benetzt werden, im Epithel der Darmzotten grosse Mengen feinster Fetttröpfchen auftreten. Wie sie aber dahin gelangen und bis in die weiteren Lymphwege, die sie dann frei, im Chylusstrom schwimmend, durchwandern können, darüber gehen die Meinungen weit auseinander, und so ziemlich jeder überhaupt nur erdenkbare Modus dieses Vorganges liesse sich auf Grund von Untersuchungen gewissenhafter Forscher annehmen und vertheidigen.

Zwei Richtungen sind es, nach welchen diese Theorieen im Wesentlichen auseinandergehen: die einen sehen das Hinzutreten gewisser Drüsensecrete im Darmcanal als den wesentlichen Factor für die Resorption der Fette an. — Hierher gehört erstens eine Anschauung, basirt auf den v. Wistinghausen'schen Versuchen, denen zu Folge Oel einerseits in

[1] Der Inhalt dieser Abhandlung deckt sich grossentheils mit des Verfassers Inaugural-Dissertation (Berlin, 12. März 1889).

gallenbenetzten Glascapillaren weiter steigt als in wasserbenetzten, und andererseits durch gallegetränkte Membramen ohne jeden Druck hindurchtritt. Danach wäre anzunehmen, dass das zuvor verflüssigte Fett einfach die Darmwandungen ohne jegliche Schwierigkeiten durchdringt, eben weil diese von Galle getränkt sind. — Seitdem zweitens Hr. Professor Gad auf der Grundlage der Brücke'schen Beobachtungen die Spontanemulsion entdeckt, klingt, namentlich in Anbetracht der von Claude Bernard erwiesenen fettzerspaltenden Kraft des Pankreas, auch eine zweite Theorie sehr plausibel: das Nahrungsfett, zuvor im Darmcanal verflüssigt und durch pankreatischen Saft ranziger gemacht, zertheile sich zwischen den Darmzotten bei Zutritt des alkalischen Darmsaftes durch Spontanemulsion in so feine Partikelchen, dass es, suspendirt in wässriger Flüssigkeit, durch die relativ weiteren Poren der Darmwandung frei hindurchtreten kann. — Eine dritte Möglichkeit ist die, dass das Fett in Form der ohne weiteres resorbirbaren Seifen in die Darmepithelien eintritt; dort müsste es dann sofort wieder in freies Fett zurückverwandelt werden, da ja die Epithelien nach Fettfütterung wirkliches Fett enthalten — eine Idee, die an sich nicht gerade zu befremden braucht, weil einerseits nach der interessanten Abhandlung von Hofmeister in Verbindung mit den kürzlich veröffentlichten Betrachtungen Heidenhain's die in Form von Peptonen resorbirten Eiweissstoffe dort ebenfalls eine Rückverwandlung in wirkliches Eiweiss erleiden müssen, und andererseits die Ewald'schen Beobachtungen von der Fettsynthese durch die Darmschleimhaut sehr für diese Möglichkeit zu sprechen scheinen.[1]

Gegenüber diesen Theorieen steht eine andere Gruppe, welche das Fett direct vorwärts bewegt werden lässt in die Darmwandungen hinein durch sich bewegende, also lebende Zellen. So v. Thanhofer, welcher annimmt, dass Protoplasmafortsätze der Epithelzellen das Fett durch eine Art Strudelbewegung in das Innere der Zellen befördern, und gewissermaassen als Ergänzung hierzu die Wiedersheim'sche Beobachtung von activen amoeboiden Bewegungen am Protoplasma einzelner Darmepithelzellen von Spelerpes fuscus, sowie zahlreiche Beobachtungen von Nahrungsaufnahme durch solche Bewegungen von Seiten der Entodermzellen der Evertebraten. — Auch die neuesten Untersuchungen Heidenhain's machen eine active Bewegungsfähigkeit der Darmepithelien oder doch zum mindesten ihres Stäbchensaumes und damit die Möglichkeit dieser Art von Fettauf-

[1] In gewissem Connex hiermit stehen die Munk'schen Arbeiten, nach welchen auch Fettsäuren einfach als solche durch das Darmepithel hindurchtreten, um dann in diesem selbst oder jenseits desselben, wenigstens theilweise, zu Neutralfett zu werden. Da aber die Fettsäuren ebenso wenig feuchte Membranen netzen, wie die Fette selbst, so complicirt jene Arbeit eigentlich den Gegenstand nur noch mehr.

nahme nicht unwahrscheinlich. — Zawarykin dagegen nimmt an, nachdem schon 1867 durch Arnstein Fett in den Lymphkörperchen der Zotten beobachtet worden war, dass die Leukocyten den Durchtritt des Fettes durch die Darmwand vermitteln, indem sie in die Epithelschicht eindringen und an der Darmoberfläche mit Fettkörnchen gewissermaassen sich vollfressen, um dann diese ihre Bürde dem Chylus zuzuführen, wo sie dieselbe dann wieder abgeben müssten — eine Lehre, welcher im Wesentlichen auch Schäfer beistimmt.

Es ist nun nicht zu verkennen, dass von diesen Theorieen die einfachste jene oben als erste aufgeführte wäre, wonach die Galle den Durchtritt des Fettes durch feuchte Membranen ermöglichen sollte, und dass man auf eine andere erst dann wird zu recurriren haben, wenn diese sich als unhaltbar erwies. Von Hrn. Professor E. du Bois-Reymond auf die Fettresorption als auf ein noch an Dunkelheiten reiches Gebiet aufmerksam gemacht, beschloss ich daher vor Allem, die Wirkung der Galle auf den Durchtritt des Fettes durch Membranen auf's Neue zu prüfen, wobei ich die ausserordentlich freundliche und stets hilfsbereite Unterstützung des Hrn. Professor Gad genoss. Beiden Herren sei es mir erlaubt, auch an dieser Stelle meinen aufrichtigen Dank zu sagen.

Zunächst wird es nöthig sein, die v. Wistinghausen'sche Arbeit, soweit sie uns hier interessirt, kennen zu lernen, da auf ihr jene Anschauung basirt, und bestätigende Beobachtungen oder Controlversuche nicht veröffentlicht sind, ausser etwa, dass Quincke gelegentlich bemerkt, er könne die v. Wistinghausen'schen Versuche mit Glascapillaren nicht bestätigen.

E. A. v. Wistinghausen's sehr eingehende Arbeit, die leider in dem Steiner'schen Auszuge (s. unten die Litteratur) recht verstümmelt und stellenweise sogar fehlerhaft wiedergegeben ist, so dass man sich eben schlechterdings an die lateinisch geschriebene Originalarbeit halten muss,[1] hat zwei Theile, von denen der erste sich mit dem Durchtreten von Fetten durch Membranen, der zweite mit den Steighöhen von Fetten in capillaren Glasröhren beschäftigt.

Im ersten Theil setzt Verfasser etwa Folgendes auseinander: Man habe sich die organische Membran als eine Summe von Capillaren vorzustellen, deren Wandungen gegen die verschiedenen Flüssigkeiten verschiedene Attraction ausüben. Die Membran imbibire sich nun mit Flüssigkeiten, die sie berührten, dann, wenn ihre Attraction zu denselben grösser

[1] Sie ist in Abschrift in der Bibliothek des physiologischen Instituts zu Berlin vorhanden.

sei, als deren Cohaesion, dagegen nicht, wenn die Attraction gleich oder kleiner als diese sei. Diese verschiedenen Attractionen derselben Membran zu den einzelnen Flüssigkeiten verhielten sich zu einander ebenso, wie die von der Gewichtseinheit der Membranen absorbirbaren Mengen jener Flüssigkeiten, und umgekehrt wie die Kräfte, welche erforderlich seien, jene Flüssigkeiten durch die betreffende Membran zu treiben. Das erstere folge daraus, dass die in jede einzelne Capillare der Membran eintretende Flüssigkeitssäule nach dem Gesetz der Capillaranziehung um so grösser sei, je mehr die Attraction von Seiten der Wandung die Cohaesion der Flüssigkeit überwiege; das zweite lehre folgende Betrachtung: Jede Capillare einer Membran, welche nur auf der einen Seite von einer Flüssigkeit benetzt sei, nehme möglichst viel davon auf, entsprechend ihrer Attraction zu derselben. Die aufgenommene Flüssigkeit werde durch dieselbe Attractionskraft an einem Herausfliessen auf der anderen Seite gehindert. Gleichzeitig dehne sich die Capillarwandung mehr aus, wodurch das Capillarlumen sich vergrössere, und also der hydrostatische Druck um so leichter sich verbreiten könne. Je grösser nun das Capillarlumen, um so weniger werde die Wandattraction auf die centralen Flüssigkeitstheilchen in der Capillare wirken, um so weniger würden sie festgehalten werden und um so leichter also auch sich herauspressen lassen, — eine wohl etwas gewagte Beweisführung, die sich einfach auf der Idee aufbaut, dass die capillaren Wandungen sich um so mehr ausdehnen, je grösser ihre Attraction zur Flüssigkeit! Weit eher wird doch die Capillarwandung, je mehr sie Attraction zu einer Flüssigkeit hat, um so mehr davon auch in sich selbst aufnehmen, also quellen, und somit das Lumen verengern. Im Verfolg seiner Betrachtung kommt v. Wistinghausen zu dem anscheinend ihm selbst einigermaassen bedenklichen Schluss, dass eine feuchte Membran, wenn man sie mit Salz bestreut, nicht deshalb schrumpfe, weil sie Wasser abgebe, sondern Wasser abgebe, weil sie schrumpfe! Die Erklärung freilich für die Kraft, durch welche dann das Schrumpfen hervorgerufen wird, bleibt er schuldig.

Er untersucht nun experimentell das Durchtreten von Flüssigkeiten durch Membranen: Er biegt eine sechs Fuss lange Glasröhre so, dass ein längerer und ein kürzerer Schenkel entsteht; der Rand der Mündung des kürzeren Schenkels ist nach aussen umgebogen und dient zum Festhalten des Fadens, mit dem eine Membran über die Mündung gebunden wird. In den kürzeren Schenkel wird nun vom längeren Schenkel aus Oel gefüllt und alle Luft, die sich etwa unter der Membran gesammelt, sorgfältig durch Neigen und Schütteln der Röhre entfernt, dann in den längeren Schenkel Quecksilber so lange eingegossen, bis Oel durch die Membran tritt, was mit Hülfe des Mikroskops (in welcher Weise und bei welcher Vergrösserung?) festgestellt wird.

v. Wistinghausen überzeugt sich nun zunächst, dass durch trockene Schweinsblase oder Dünndarmschleimhaut vom Rinde Wasser bei mässigem, Oel bei viel höherem, und durch die feuchte Membran erst bei noch viel höherem Druck hindurchtritt.[1] Da Alkohol trotz seiner Dünnflüssigkeit sogar noch mehr Druck brauche, um durchzutreten, so könnten diese Unterschiede nicht etwa bedingt sein durch eine verschieden leichte Beweglichkeit der Flüssigkeitstheilchen. — Nun bestimmt v. Wistinghausen die verschiedenen Attractionen der Membran für die einzelnen Flüssigkeiten, indem er einerseits den niedrigsten Druck feststellt, bei welchem dieselben durch jene Membranen zu treten beginnen, andererseits die Menge der von der Gewichtseinheit der Membran in 24 Stunden absorbirten Flüssigkeit. Er erhält zwischen den so auf zwei verschiedenen Wegen gefundenen Resultaten eine recht gute Uebereinstimmung, doch fällt auf, dass er für alle Bestimmungen immer nur Einen Versuch in der Vergleichstabelle anführt,[2] während doch aus seinem eigenen Geständniss späterhin ersichtlich ist, dass die Resultate durchaus keine constanten, ja auch entgegengesetzte, waren, ohne dass nun eine Erklärung für diese Verschiedenheiten gegeben würde. Er sagt: In posterioribus quoque experimentis accidit ut membrana rationibus, quantum quidem videbatur, omnino immutatis unum idemque fluidum nunc facilius nunc difficilius transmitteret et modo maiorem modo minorem eius reciperet copiam, und er tröstet sich über diese Inconstanz mit den Resultaten anderer Forscher, die das Gleiche beobachtet hätten. So habe Olechnowitz gefunden, dass unter absolut gleichen Verhältnissen durch ein und dieselbe Membran dieselbe Menge

NaCl	einmal	7·896,	ein zweites Mal	16·949	Volum Wasser,
KCl	„	7·408,	„ „ „	17·455	„ „
$NaOSO_3$(?)	„	3·398,	„ „ „	13·013	„ „

angezogen hatte.

Die Attraction nun hält v. Wistinghausen für den Ausdruck der chemischen Affinität, da sich wahrscheinlich stets eine Verbindung bilde zwischen Substanz der Membran und der dieselben berührenden Flüssigkeit. Welchen Einfluss nun solch eine Verbindung auf die Durchtrittsfähigkeit und Absorptionsgrösse der betreffenden Flüssigkeit haben soll, bleibt dunkel.

Die Fette, fährt er fort, treten durch Membranen, deren Poren mit Wasser gefüllt sind, nur unter sehr hohem Druck hindurch, weil sie weder

[1] Die Zahlen für zwei Parallelversuche zeigen übrigens ganz bedeutende Unterschiede. — Aehnliche Versuche lagen schon von Liebig vor (*Untersuchungen über einige Ursachen der Säftebewegung im thierischen Organismus.* 1848. S. 6).

[2] Nur von den Versuchen mit Seifenlösung führt er mehrere an, doch sind dieselben nicht gleichwerthig, da er immer verschieden starke Seifenlösungen anwendet.

zur Membran, noch zum Wasser, Affinität besitzen. Sie werden aber dann leicht durchtreten, wenn die Membran in ihren Poren eine Flüssigkeit enthält, die in Folge ihrer Affinität zu Fett mit diesem eine Verbindung eingeht, welche zur Membran mehr Affinität hat, oder aber das „an ihr haftende“ fein vertheilte Fett, ohne dessen chemische Constitution zu ändern, mit sich hindurch führt. Als solche Flüssigkeiten erscheinen ihm die Lösungen von Kali, Seife und gallensauren Salzen. Uns interessiren hier zunächst nur die gallensauren Salze, und zwar die Frage, ob unter ihrem Zutritt das Oel als solches durch die feuchten Membranen treten kann, — wenn man sich auch über den Vorgang dabei eine andere Vorstellung wird bilden müssen, als v. Wistinghausen, etwa die, dass durch die Galle die Oberflächenspannung des Oeles und damit sein Verhalten zu den Capillarwandungen der Membran bedeutend verändert würde. Zur experimentellen Prüfung setzt v. Wistinghausen auf den kürzeren Schenkel seines vorher beschriebenen Apparates eine weitere Glasröhre auf, in die er Kali-, Seifen- oder Gallenlösungen giesst, während er die erste Röhre mit Oel füllt und zwar, wie er wenigstens bei seinen Versuchen mit Gallensalzlösungen ausdrücklich erwähnt, derart, dass der Spiegel des Oeles im längeren Schenkel niedriger steht, als der Spiegel der in der weiteren Röhre aufgefüllten Gallenflüssigkeit. Letztere war eine Lösung von Natrium glycotaurocholicum cryst., das mit Alkohol und Aether von allem Fett befreit war, denn, sagt er, die frische Galle enthält immer Fett, und das könnte Irrthümer veranlassen. Als Membran bindet er auf die Mündung des kürzeren Schenkels der U-Röhre frische Dünndarmstücke des Rindes, von welchen er vorher Peritoneum und Muscularis abpraeparirt hat, mit der epithelialen Fläche dem Oele zugekehrt. Er wählt als Durchschnittsdauer für den Versuch 18 Stunden — eine etwas lange Zeit, wenn man bedenkt, dass der Fettgehalt des Chylusstroms schon in der sechsten Stunde nach einer Fettfütterung seinen höchsten Fettgehalt erreicht — und stellt nach dieser Zeit mikroskopisch fest, ob die aufgegossene Flüssigkeit Fett enthält, d. h. ob Fett durch die Membran getreten ist. Nachdem er durch vier Versuche festgestellt, dass durchschnittlich ein Druck von 32 ^{mm} Quecksilber erforderlich ist, um Oel (welches, ist nicht angegeben, jedenfalls wohl Olivenöl) durch eine wassergetränkte Membran durchzutreiben, lässt er unter Anderem Oel gegen jene Gallensalzlösung durchtreten. Das erste Mal findet er bei 1·35 ^{mm} Quecksilber schon sehr viel durchgetreten, theils in feiner Vertheilung, theils in grösseren Tropfen, und dann in acht Versuchen dasselbe Resultat ohne Anwendung irgend welchen Druckes. Nach Zusatz von 20 Procent Eiweiss findet sich ebenfalls viel Oel, aber weniger als sonst. Nach Zusatz von 1 Procent Kali zu der Eiweiss-Gallenlösung zeigt sich in drei Versuchen viel Oel auf reichlichen Zusatz von Essigsäure.

Setzte er Salzsäure zur Gallenlösung hinzu bis zum Eintritt der sauren Reaction, so fand er dann noch viel mehr Oel als bei reiner Gallensalzlösung. Stets fanden sich dann die Niveaux in der U-Röhre und in der aufgesetzten Röhre ausgeglichen, ausser, als er Eiweiss allein zur Gallenlösung zugesetzt hatte, wo sich „dies dann noch nicht so zeigte". Das erklärt er sich daraus, dass die Strömung der aufgegossenen Flüssigkeit zum Oele eine geringere sei bei Eiweisszusatz als ohne denselben. Er fährt dann fort: Inde, quamquam loci, quae in corpore animalis cernuntur rationibus fortasse verius expressis, tamen re ipsa nullo modo mutatum hoc instituimus experimentum: Es wird in die U-Röhre eine dünne Emulsion von Oel in Gallenlösung und in die aufgesetzte Wasser gefüllt. — Nun, ich möchte glauben, dass dies doch eine gewichtige Veränderung bedeutet, denn man kann hierbei sehr wohl eine so feine Vertheilung des Oeles in der Gallenlösung annehmen, dass seine einzelnen Partikelchen nunmehr frei in der Gallenlösung durch die Poren der Membran hindurchschwimmen können, ohne deren Wandungen zu berühren, also einfach nach der sub 2 angeführten Weise durch die Membran hindurchtreten, während bei der bisherigen Anordnung der Versuche absolut nicht aufzufinden ist, wie bei dem einfachen Berühren von Gallensalzlösungen und einer compacten Schicht gewöhnlichen Oeles eine so unendlich feine Zertheilung des letzteren zu Stande kommen sollte. Es findet sich dann auch hier ohne Druck viel Oel in der aufgesetzten Röhre und gleiche Höhe der Flüssigkeitsspiegel. — Schliesslich füllt er die aufgesetzte Röhre mit Blutserum statt mit Wasser und erhält wiederum ohne Druck viel Oel, ohne dass aber diesmal die Flüssigkeitshöhen merkliche Veränderungen zeigten.

Aus diesem Allen zieht er nun den Schluss, die Galle spiele bei der Fettresorption vor allem die Rolle, das Fett ohne Aenderung seiner chemischen Constitution mechanisch mit sich durch die Darmwandung zu führen, während sie selber resorbirt wird.

Den zweiten Theil der v. Wistinghausen'schen Arbeit, behandelnd Versuche mit Glascapillaren, können wir kürzer abmachen, da auch er selbst wiederholt betont, dass die an Glascapillaren gefundenen Resultate durchaus nicht ohne weiteres auf die Capillaren der thierischen Membran anzuwenden und nur eben geeignet sind, uns einigermaassen ein Bild zu geben von den physikalischen Verhältnissen, die in den Poren der Membran statthaben, wenn zwei verschiedene Flüssigkeiten darin zusammentreffen.

Er bestimmt zuvor sehr sorgfältig Steighöhen und Menisken verschiedener Flüssigkeiten in seinen Glascapillaren, wobei er unter Anderem findet für Aq. dest. und Kali 25^{mm}, für Gallenlösungen 14 bis 16^{mm}, für Seife 11, für Oele 11 und 12_{mm}. Dann stellt er fest, wie die Steighöhe von Olivenöl beeinflusst wird in diesen Capillaren, wenn er deren Innenfläche zuvor mit

Wasser, Kali oder Gallensalzlösungen benetzt hat, wobei er die von der vorbenetzenden Flüssigkeit in den Röhrchen hängen gebliebenen Tropfen nicht entfernt wissen will, sondern es für sicherer hält, einen Tropfen davon zurückzulassen, wenn man dann Oel im Röhrchen aufsteigen lässt. Er erhält folgende Resultate: Bei Benetzung der Capillaren

durch Aq. dest. stieg Olivenöl 1.75 ^{mm},
„ Kali verschiedener Concentration 11 bis 12 ^{mm},
„ Gallenlösungen u. Mischungen mit Kali oder Eiweiss 10 bis 14 ^{mm}.

Daraus folgert er, dass auch hier, wie in den Membranen, Wasser dem Eindringen von Oel hinderlich, dagegen Gallensalzlösungen ihm sehr förderlich sind, so sehr, dass es hier sogar einen höheren Stand in den Capillaren erreicht, als wenn diese zuvor von Oel selbst benetzt worden sind.

Es sei nun gestattet, dem Vorstehenden meine eigenen Erfahrungen auf diesem Gebiete gegenüberzustellen. Zunächst an Glascapillaren: Ziemlich weite und dickwandige Glasröhren wurden vor dem Glasgebläse zu etwa meterlangen Capillaren ausgezogen, und diese dann in vier bis fünf, gegen 18 ^{cm} lange Stücke getheilt. Jedes einzelne der so erhaltenen Capillarröhrchen wurde auf einen mit Millimetereintheilung versehenen Cartonstreifen derart aufgeklebt, dass das eine Ende derselben über diese Scale genau 2 ^{cm}, das andere etwa 4 ^{cm} hinausreichte. Dieses ragte etwa 1 ^{cm} weit frei in eine mit Kork und Siegellack aufgesetzte weitere Kautschukröhre von 3 ^{cm} Länge hinein. Die Flüssigkeiten, deren Steighöhen bestimmt werden sollten, wurden in weite Reagensgläser gefüllt, dann das Röhrchen, sein Kautschukende nach oben, genau 1 ^{cm} tief in die Flüssigkeit hineingetaucht, und so durch eine kleine Klemmpinzette festgehalten, welche den Cartonstreifen gefasst hielt und ihren Stützpunkt auf dem Rande des Reagensglases fand. An der Scale liess sich dann die Höhe der in der Röhre aufgestiegenen Flüssigkeit mit ausreichender Genauigkeit ablesen. Für jedes solche Röhrchen wurde nun notirt, wie hoch destillirtes Wasser in ihm aufstieg, nachdem seine Innenwand vollkommen damit benetzt worden. Nun wurde die Flüssigkeit, deren Einwirkung auf die Steighöhe des Oeles geprüft werden sollte, durch Saugen und Blasen an dem Kautschukende mehrmals durch das Röhrchen hindurchbewegt, dabei gelegentlich die Steighöhe dieser Flüssigkeit festgestellt, und nun das Röhrchen in das Oel gehängt, nachdem die benetzende Flüssigkeit herausgeblasen war; es blieben aber immer Tropfen davon und Luftblasen hängen, und es zeigte sich, dass beide Dinge ausserordentlich störend auf die Constanz der Resultate einwirkten. Zur Vermeidung dieses Uebelstandes brachte ich dann die Röhrchen, gefüllt mit

der vorbenetzenden Flüssigkeit, in das Oel, und saugte an dem Kautschukende so lange, bis das hinter jener Flüssigkeitssäule her im Röhrchen aufsteigende Oel am oberen Ende auszufliessen begann. Hörte ich mit dem Saugen auf, so sank das Oel im Röhrchen auf seine Steighöhe, während die Anfangsflüssigkeit, soweit sie nicht an den Wänden des Röhrchens adhaerirte, in der aufgesetzten Kautschukröhre verblieb. Die Resultate mit dieser Methode waren bessere, doch war der Einwand möglich, dass vielleicht das durchgesaugte Oel die vorbenetzende Flüssigkeit von den Capillarwänden verdrängt hatte, und somit die hier gefundenen Steighöhen des Oeles identisch waren mit denen in einfach ölbenetzten Glascapillaren. Daher wurde schliesslich die Säule der benetzenden Flüssigkeit aus dem Röhrchen herausgeblasen, wenn es in das Oel gehängt war, es stieg dann das Oel in der Capillare auf, ohne dass einer jener Missstände eintrat. Nach jedem einzelnen Versuch wurden die Röhrchen durch abwechselndes Durchsaugen von Alkohol und Aether so lange gereinigt, bis Aq. dest. in ihnen wieder die Anfangs notirte Steighöhe zeigte. Die zehn Capillaren, welche ich benützte, ergaben natürlich nach der Verschiedenheit in Lumen und Wandung verschiedene Steighöhen für dieselbe Flüssigkeit, aber jede für sich lieferte doch Vergleichswerthe über die verschiedenen Steighöhen des Oeles nach vorheriger Benetzung ihrer Wandungen mit den einzelnen Flüssigkeiten, und bei keiner einzigen zeigte sich ein Abweichen im Verhältniss dieser Werthe zu einander, gleichgültig ob ich mit Alkanna rothgefärbtes oder reines Olivenöl oder Medicinal-Leberthran (von 7·6 Procent Säuregehalt, auf Oelsäure berechnet) verwendete. Ich greife diejenige Röhre heraus, von der ich die meisten Beobachtungen notirt habe (s. Tabelle S. 514).

Diese Tabelle steht in directem Widerspruch mit den Behauptungen v. Wistinghausen's, doch erklärt ein Blick auf die ersten Zahlen der Columne 6 dessen abweichende Resultate. Er betont selbst, dass er Tröpfchen der benetzenden Flüssigkeit in seinen Capillaren zurückliess, und man sieht leicht, welchen Einfluss dieser Umstand auf die Ergebnisse hat. Allerdings sagt er: mensiones, quae iteratae nullum diversum praebuerunt eventum, und diese Constanz vermag ich nicht zu erklären, doch muss ich an der Hand der Thatsachen seine Behauptung, dass Galle den Eintritt von Oel in capillare Glasröhren, deren Wände mit wässrigen Flüssigkeiten benetzt sind, befördere, als unrichtig bezeichnen, und meine, dass Galle gallensaure Salze und alle hier in Betracht kommenden Flüssigkeiten weit eher das Gegentheil zu bewirken scheinen.

Ich ging nunmehr daran, das Verhalten der Fette in capillaren Räumen zu den bei ihrer Resorption etwa in Betracht kommenden Flüssigkeiten an Fliesspapier zu studiren und zog daneben auch sorgfältig entfettete Wollfäden in den Kreis meiner Betrachtungen, da beide Dinge mit ihren

Laufende Nummer	Beobachtete Flüssigkeiten	Steighöhe in Centimetern				
1.	Aqua destillata	5·0	5·0	5·0	5·0	—
2.	Leberthran	1·2	1·3	1·6	1·3	1·6
3.	Soda $^1/_4$ Procent	4·3	4·9	—	—	—
4	Galle	3·0	3·1	3·0	—	—
5.	Glykocholsaures Natron (chemisch rein von Schuchardt, Görlitz)	3·1	3·2	3·2	—	—

Laufende Nummer	Beobachtete Flüssigkeiten	I. Methode. Steighöhe in Centimetern				II. Methode. Steighöhe in Centimetern				III. Methode. Steighöhe in Centimetern			
6.	Leberthran nach Benetzung der Röhre mit Wasser	0·4	1·8	0·9	2·8	3·7	3·4	—	—	2·8	3·1	2·7	2·8
7.	„ „ „ „ „ „ Galle	—	—	—	—	2·1	1·4	1·7	1·7	1·6	1·7	2·1	—
8.	„ „ „ „ „ „ glykoch. Natron	—	—	—	—	—	—	—	—	1·6	1·8	1·8	1·9
9.	„ „ „ „ „ „ Seifenlösung	—	—	—	—	—	—	—	—	1·7	1·6	1·4	—
10.	„ „ „ „ „ „ Pepton 5 Procent	—	—	—	—	—	—	—	—	1·9	1·9	—	—
11.	Eine verdünnte Emulsion von Leberthran in $^1/_4$ proc. Sodalösung	—	—	—	—	—	—	—	—	2·6	2·8	2·8	—
12.	Dieselbe nach Benetz. d. Innenwand d. Röhre mit glykoch. Natr.	—	—	—	—	—	—	—	—	2·8	2·9	—	—
13.	„ „ „ „ „ „ „ „ Wasser	—	—	—	—	—	—	—	—	3·0	3·3	—	—
14.	„ „ „ „ „ „ „ „ Pepton	—	—	—	—	—	—	—	—	2·9	3·2	—	—
15.	„ „ „ „ „ „ „ „ Soda $^1/_4$ Proc.	—	—	—	—	—	—	—	—	2·5	2·6	—	—

Capillareinrichtungen der organischen Membran offenbar näher stehen als Glascapillaren und für die Beobachtung recht bequeme Objecte bilden. Hierbei ging ich folgendermaassen zu Werke: In ein cylindrisches Glasgefäss *A* von etwa 10 cm Radius und 5 cm Höhe wurde so viel Wasser gegossen, dass sein Boden bedeckt war, dann ein zweites solches Gefäss von etwa 4 cm Radius und 2 cm Höhe hineingesetzt und um dieses herum 6 bis 8 Porzellannäpfchen von etwa $1^1/_2$ cm Höhe, welche je mit einem quadratischen Stück weissen Fliesspapiers überdeckt waren. Das Gefäss *B* wurde halb mit Oel (gewöhnlich roth gefärbtem, in einigen Fällen ungefärbtem Olivenöl oder Medicinal-Leberthran) gefüllt und ein auf drei Füssen von 2 cm Höhe ruhender Drahtring hineingestellt. Nun wurde eine Anzahl 6 cm langer, $^1/_2$ cm breiter Streifen von weissem Fliesspapier geschnitten und diese an einer Stelle (*a*), 10 mm vom einen Ende, rechtwinklig umgeknickt. Von diesen Streifen wurden nun drei mit Wasser, drei mit derjenigen Flüssigkeit getränkt, deren Verhalten zum Oel geprüft werden sollte, nämlich Gallenflüssigkeit von Rind, Schwein, Kaninchen, Hund und Katze, bald in natürlichem Zustande, bald entschleimt und in verschiedenem Grade verdünnt, ferner 1—5 procentige Lösungen von glykocholsaurem Natron, $^1/_4$ procentige Sodalösungen, Pepton- und Seifenlösung. Die Streifen wurden nun derart mit dem umgeknickten Ende in das Oel von *B* gehängt, dass *a* auf den Drahtring zu liegen kam, während das andere Ende (*b*) dem (trockenen) Fliesspapier auf dem Porzellannäpfchen auflag. Mit den Wollfäden verfuhr ich ebenso, nur dass ich, statt des Umknickens, ihr im Oel befindliches Ende mit einem durchgesteckten Drahtnagel beschwerte. — Zum Schlusse wurde über das Ganze eine Glasglocke gestülpt.

Da durch das in *A* enthaltene Wasser ein Verdunsten der in den Streifen enthaltenen Flüssigkeiten ausgeschlossen war, was sich bei Versuchen als störend erwiesen hatte, so mussten die trockenen Fliesspapierstücke auf den Porzellantiegelchen einen Theil jener Flüssigkeiten absaugen und damit einen Flüssigkeitsstrom in den Streifen von *a* nach *b* hervorrufen. Die Versuche sollten nun zeigen, ob dabei von Seiten irgend einer jener Flüssigkeiten dem von *a* nach *b* zu dringenden Oel sein Vorrücken in den capillaren Räumen besonders erleichtert würde, also welche Flüssigkeiten in den Papierstreifen das Oel in der Zeiteinheit am weitesten vorrücken liessen. Die Resultate waren bei vierzehn Versuchen mit durchschnittlich sechs Streifen absolut negativ; wohl waren nach gewisser Zeit die Grenzen des nachdrückenden Oeles bei einem Streifen schon weiter vorgerückt als beim andern, aber diese Verschiedenheiten waren unter den beispielsweise mit Galle benutzten Streifen ebenso gross, wie zwischen diesen und den mit Wasser befeuchteten, sodass sie jedenfalls auf eine verschiedene Einwirkung der einzelnen Flüssigkeiten auf das Oel nicht zu beziehen

sind. Ferner, wenn nach vielleicht zwei Stunden die makroskopische Grenze des Oeles etwa bis 1 cm jenseits *a* vorgerückt war, und nun von aufeinanderfolgenden Stellen des makroskopisch von Oel noch freien Theiles jener Streifen Zupfpraeparate gemacht wurden, so fanden sich unter dem Mikroskop 2—3 mm jenseits der Oelgrenze gewöhnlich feine Oeltröpfchen, selten welche noch einige Millimeter weiter, immer aber ohne jeden durchgreifenden Unterschied zwischen mit Wasser befeuchteten Fliesspapierstreifen und den anderen; nur als ich Leberthran gegen $^1/_4$ procentige Sodalösung im Streifen hatte, fand ich einmal unter fünf Versuchen noch über 1 cm jenseits der makroskopischen Grenze Oel. Abgesehen von diesem einen Male halte ich es für weit naheliegend, diese Oeltröpfchen nicht als mitgenommen durch jene Flüssigkeiten anzusehen, sondern als einfach vorgeschoben von der Masse des Oeles in einzelnen, vielleicht weiten Poren, welche schon von der wässrigen Flüssigkeit frei geworden, während die umliegenden es noch nicht waren.

Das Resultat war das gleiche, wenn *B* statt des Oeles eine Emulsion von Leberthran in $^1/_4$ procentiger Sodalösung enthielt; es zeigte sich dabei nur an Zupfpraeparaten verschiedener Stellen der Streifen, dass immer die feinsten Oeltröpfchen, wie ja zu erwarten, am weitesten, also am schnellsten, vorwärts gedrungen waren.

Wie wenig übrigens jene wässrigen Flüssigkeiten geeignet sind, das Vordringen des Oels in capillaren Räumen zu befördern, zeigt folgende Variation des Versuchs: Das quadratische Stück Fliesspapier über den Porzellannäpfchen wird weggelassen, die Streifen erhalten einen Längsstrich mit Copirstift, der, zunächst graublau, die Eigenschaft hat, durch Befeuchtung intensiv violet zu werden, und werden nun trocken, in derselben Weise wie vorher, mit *a* in das Oel von *B* gehängt. *B* wird einige Centimeter hoch gestellt, so dass die Fliesspapierstreifen mit ihrem langen Theil *ab* in die Porzellannäpfchen ziemlich senkrecht herabhängen, das Oel also beim Vordringen von *a* nach *b* senkrecht nach unten fliessen kann, also gewiss günstige Bedingungen für sein Vorwärtsdringen im Streifen findet. Hat es nun einen gewissen Theil jener abfallenden Strecke zurückgelegt, so giesst man in die einen Porzellannäpfchen Wasser, in die anderen Gallenlösung bis zur Berührung mit *b*. Diese Flüssigkeiten steigen sehr rasch von *b* nach *a* hin empor und treffen an einer Stelle (*c*) mit dem nach *b* zu fliessenden Oele zusammen. In diesem Augenblick ist der Copirstiftstrich *bc* violet, *ca* graublau, das Streifenstück *ca* von Oel durchscheinend und roth; *c* wird durch einen Punkt mit Copirstift markirt. Nach einer halben Stunde sieht man die Oelgrenze vom Punkte *c* zurückgewichen nach *a* zu, ein Theil des Striches *ca* ist violet, und ein Stück der Fläche *ca* nicht mehr durchscheinend und roth, sondern undurch-

sichtig und weiss: die von b nach a aufsteigende Flüssigkeit hat das herunterfliessende Oel vor sich her in die Höhe gehoben. Dies geschicht weiter und weiter, bis schliesslich der ganze Streifen bis auf das Oelniveau in B von Oel befreit und von wässriger Flüssigkeit durchtränkt ist. Mikroskopisch sieht man an Zupfpraeparaten des Papiers $c\,a$ wohl geringe Mengen von Oeltröpfchen, nie aber solche jenseits c in der Strecke $c\,b$, das heisst, es ist keine Spur von Oel in die Gallenflüssigkeit eingedrungen. Der Hergang ist dabei ganz der gleiche, mag man Wasser anwenden oder Galle, nur dass er bei letzterer — wohl wegen ihres Schleimgehalts — langsamer von statten geht, und das roth gefärbte Oel an der Grenze bläulich wird, weil die Galle durch ihre Alkalescenz die rothe Alkannafarbe in Blau verwandelt.

Nach dem allen ist wohl der Schluss berechtigt, dass die Galle und alle jene Flüssigkeiten ein Hindurchtreten des Oeles als solchen durch die Poren des Fliesspapieres oder der Wollfäden nicht befördern; ob vielleicht, indem sie das Oel chemisch verändern, suchte ich, wenigstens für die Galle, in folgender Weise festzustellen: Ein Streifen wurde von b bis zu seiner Mitte mit einer Gallenlösung benetzt in soweit, dass sie nicht oder nur wenig noch weiter nach a zu in ihm vordrang. Er wurde nun so in B über den Drahtring gehängt, dass gerade sein gallenfeuchter Theil frei über den Rand von B hinausstand, und etwa 2 mm von b entfernt senkrecht nach unten umgeknickt. In den Porzellannapf wurde ein Stück Fliesspapier, das vorher mit einem Paar sich kreuzender Copirstiftstriche versehen worden, derartig eingedrückt, dass es, wenn der Napf nun unter das freistehende Ende b des Streifens gestellt wurde, dessen Ecken mit seiner Fläche beinahe berührte. Die geringste Senkung, die der Streifen machte, musste eine Verbindung des gallenfeuchten Streifens und des trockenen Fliesspapieres hervorbringen. Alles dies wurde so schnell abgemacht, dass keine wesentliche Verdunstung der Gallenlösung im Streifen eingetreten sein konnte, und dann die Glasglocke über das Ganze gestülpt. Es drang nun allmählich das Oel in dem nicht von Galle befeuchteten Theil des Fliesspapiers vorwärts und erreichte den Beginn der Gallenflüssigkeit auf dem Rande von B; drang nun von dem Oel auch nur sehr wenig als solches oder in chemischer Verbindung mit Galle in den gallenfeuchten Theil hinüber, dann musste das freistehende Ende des Fliesspapiers sich senken, und somit das bis dahin trockene Fliesspapier in Thätigkeit kommen können, das heisst sich zunächst mit der wässrigen Gallenflüssigkeit aus dem Streifen vollsaugen und so in den Poren des Streifens Platz für ein Nachrücken des Oeles schaffen. Dabei mussten die Copirstiftstriche sich violet färben, somit, auch wenn der Contact sich durch irgend welchen Zufall wieder löste, dauernd zeigen, dass ein solcher stattgefunden. Das

Experiment wurde mit sechs Papierstreifen gleichzeitig angestellt, doch trat bei keinem der Contact ein, selbst nicht im Laufe von zwölf Stunden, und ebensowenig ging die Grenze des Oeles während dieser Zeit über den Rand von *B* hinaus. Ein Zeichen, dass in der That keine sonderliche Verdunstung der wässrigen Flüssigkeit aus dem Streifen eingetreten sein kann, wie sich denn auch nachher die Streifen in der überstehenden Hälfte noch feucht zeigten. (Ueber Nacht freilich war das Experiment nicht fortzusetzen, weil die Abkühlung während derselben das bei Tage verdunstete Wasser sich niederschlagen liess, wodurch sich dann die Copirstiftstriche umfärbten, ohne dass ein Contact bestanden hätte.) Somit kann also die Galle auch durch chemische Action keinen wesentlich befördernden Einfluss auf das Vordringen des Oeles in den mit wässriger Flüssigkeit gefüllten Poren des Fliesspapiers ausgeübt haben.

Aber bei den thierischen Membranen und speciell im Darm konnten ja die Verhältnisse ganz anders liegen, denn die Poren des Fliesspapiers haben offenbar ganz bedeutend grössere Dimensionen als die der Darmwand, namentlich im Epithel, und die Wandung der Capillaren sind hier von ganz anderer Substanz als dort. So ging ich denn daran, nunmehr die Verhältnisse an den thierischen Membranen selbst zu untersuchen, und zwar mittels folgender Versuchsanordnung: Ein F-Rohr wurde so in einem Stativ befestigt, dass zwei seiner Schenkel wagerecht, der dritte senkrecht nach unten ging. Durch luftdicht schliessende Kautschukröhren wurde an dem einen wagerechten Schenkel ein Manometer, an dem anderen eine Spritze, und an dem dritten nach unten sehenden Schenkel ein Glasballon angeschlossen; dieser lief nach dem F-Rohr in eine $^1/_2$ cm weite Röhre aus und hatte am anderen (unteren) Ende eine weite Oeffnung, welche durch einen Gummistöpsel verschlossen war, durch den drei in der Verticalebene S förmig gebogene Gabelröhren gingen. Das ergab sechs nach unten stehende Glasröhren, alle in Verbindung stehend mit der Luftspritze und dem Manometer. Ueber deren untere Enden wurden kurze Kautschukschläuche geschoben, welche nach Belieben durch Klemmpinzetten vorübergehend oder ihre Lumen ausfüllende Glasstäbe dauernd verschlossen werden konnten. Dazu wurde eine Anzahl U-Röhren verfertigt, deren längerer Schenkel 6 cm, deren kürzerer 4 cm betrug und an seiner zu 1 cm Durchmesser sich erweiternden Mündung einen gewulsteten Rand hatte. In solch ein Röhrchen wurde nun, nachdem es in einem Stativ festgeklemmt worden, mittelst Pipette so viel Oel gegossen, dass es im kürzeren Schenkel fast bis oben an stand, dann über dessen Mündung die Membran, ihre epitheliale Fläche dem Oele zugekehrt, mittelst eines hinter dem Wulst befestigten Fadens straff gespannt, und nun über den kürzeren Schenkel ein dünnwandiger, weiter Kautschukschlauch so herüber geschoben, dass er die

Höhe der Membran um etwa 1 ^{cm} überragte und somit, mit der Membran als Boden, ein Gefäss bildete, welches zur Aufnahme der die Membran befeuchtenden Flüssigkeit dienen konnte. Nachdem dann noch der längere Schenkel fast mit Oel gefüllt worden, wurde das Röhrchen dem Stativ entnommen und über seinen längeren Schenkel eine der Kautschukröhren des Apparates gezogen; dann wurde das Röhrchen umgekehrt (was die Kautschukverbindung mit dem Glasballon ja leicht gestattete), bis alle Luft aus dem kürzeren Schenkel in den längeren getreten war, und das Oel also die Innenfläche der Membran vollkommen berührte. Kam das Röhrchen dann wieder in seine natürliche Lage, so stieg die Luftblase über das Oel im längeren Schenkel empor in den Glasballon und die Membran war zur Beobachtung fertig. In der gleichen Weise konnte nun an die übrigen fünf Kautschukschläuche des Apparates solch eine Membran angeschlossen, und somit sechs Beobachtungen gleichzeitig gemacht werden, bei denen alle Verhältnisse gleich waren, ausser der benetzenden Flüssigkeit und den individuellen Verschiedenheiten der zur Verwendung kommenden Membranen. Es wurden nun stets drei der Kautschukaufsätze mit Wasser, die drei anderen mit einer anderen Flüssigkeit gefüllt (Gallenflüssigkeiten verschiedener Art, glykocholsaures Natron). So mussten die durch letzteren Umstand bedingten Verschiedenheiten im Durchtreten des Oels durch die einzelnen Membranen von den als constant vorauszusetzenden, durch die Wirkung der verschiedenen Flüssigkeiten bedingten sich leicht unterscheiden lassen. — Nach einiger Zeit überzeugte ich mich bei 300 facher Vergrösserung an einer Probe aus jedem Aufsatz, ob nicht etwa schon vorher Oel hineingerathen war, was übrigens bei dieser Einrichtung des Apparats sich leicht vermeiden liess. Alles Oel, was sich später darin vorfand, konnte dann nur aus dem U-Röhrchen stammen, musste also durch die Membran getreten sein. Das Oel, das zur Verwendung kam, war anfangs roth gefärbtes, später ungefärbtes Olivenöl oder Medicinal-Leberthran; als Membranen verwendete ich Stücke des aufgeschnittenen Darms von Kaninchen, theils sauber abgewaschen, theils wie ich sie den Thieren entnommen, oder die von der Muscularis befreite Schleimhaut des Dünndarms von Katzen oder Hunden stets unmittelbar nach dem Tode des Thieres zur Untersuchung verwendet, oder endlich Stücke vom Peritoneum dieser Thiere. Durch Einpressen von Luft mittelst der Spritze wurde nun im Apparate ein Druck von 1 ^{cm} Quecksilber hergestellt und dieser nach 10 bis 18 Stunden um 2 ^{cm} und dann nach je 6 Stunden immer um zwei weitere Centimeter gesteigert, bis auch die letzte Membran Oel durchzulassen anfing. Unmittelbar vor jeder Drucksteigerung untersuchte ich den Inhalt der aufgesetzten Kautschukröhrchen bei 300facher Vergrösserung auf etwa darin suspendirte Oeltröpfchen und schaltete diejenigen Membranen, jenseits deren sich solche fanden, die also

Oel durchzulassen begonnen hatten, aus, indem ich ihre Kautschukverbindung zum Glasballon abklemmte.

Die Resultate, kurz zusammengefasst, waren folgende: Auch nicht einmal trat in 5 Versuchen (mit 6 Membranen, also 30 Beobachtungen) der Fall ein, dass das Oel durch alle drei mit Galle oder glykocholsaurem Natron befeuchteten Membranen bei geringerem Druck durchgetreten wäre, als durch die drei anderen, die mit Wasser befeuchtet waren, vielmehr begann ohne jede Regel das Oel bei Versuchen mit Kaninchendarm durchzutreten unter einem Druck von 4 bis 8 ^{cm} (wobei 8 ^{cm} gerade für eine gallenbefeuchtete Membran notirt sind), bei Katzen- oder Hundedarmschleimhaut zwischen 5 und 18 ^{cm}. Ebensowenig hatte Durchtränkung der Membran mit Seifen- oder $^1/_4$ procentiger Soda-Lösung in je vier Beobachtungen selbst bei Anwendung von Leberthran irgend welchen Einfluss auf das Durchtreten von Oel durch diese Membranen. — Dasselbe zeigte sich auch, als ich mehrmals je drei Röhrchen mit Emulsion von Leberthran in $^1/_4$ procentiger Sodalösung und drei andere mit dieser Emulsion nebst Zusatz von Galle füllte, und im Kautschukbehälter 0·6 procentige Kochsalzlösung anwandte, also die Verhältnisse im Darm einigermaassen nachahmte. Fast stets konnte man, sobald erst das Oel durch eine Membran durchzutreten begonnen hatte, es auch bei geringerem Drucke durch dieselbe treiben und nach vorsichtigem Abtrocknen der Membran mit Fliesspapier makroskopisch oder doch mit der Lupe bemerken, dass es an einer ganz bestimmten Stelle der Membran allein durchtrat. Einmal gelang es, nachdem die Membranen 24 Stunden gewässert und nur die zuvor mit Galle benetzten mit Wasser und die zuvor mit Wasser benetzten mit Galle befeuchtet worden waren, das Oel in derselben Reihenfolge durch die einzelnen Membranen treten zu sehen wie zuvor, wenn auch bei anderen — niedrigeren — Druckhöhen. Bedenkt man nun hierzu, dass die Membranen beim Druck sich vorwölbten, also gespannt und gedehnt wurden, so muss man wohl annehmen, dass sie, je nach ihrer natürlichen Festigkeit bei verschieden hohem Druck, an einzelnen Stellen geringerer Widerstandsfähigkeit undicht wurden, Lücken bekamen, die durch die natürliche Elasticität ihrer Umgebung sich wieder schliessen konnten, wenn die Spannung der Membran aufhörte.

Dennoch glaube ich, dass das Oel durch eine Membran, welche mit wässriger Flüssigkeit durchfeuchtet ist, auf dem Wege durch die natürlichen Capillaren der Membran überhaupt nicht durchgeht, mögen dieselben nun mit Wasser, oder Galle oder sonst einer Flüssigkeit gefüllt sein. Es tritt vielmehr nur da durch, wo die Membran grössere Oeffnungen bietet, wo es also keine, von wässriger Flüssigkeit gefüllten Capillaren zu durchwandern hat. Das entspricht auch den sonstigen Erfahrungen — tritt doch

das Oel bei den sogenannten Fettembolien selbst bei dem so viel höheren Druck des Herzens nicht durch die so viel weiteren capillaren Blutbahnen hindurch! Diese Resultate stehen also in auffälligem Gegensatze zu denen v. Wistinghausen's. Da ich in meinen Arbeiten Fehler, die dies erklärt hätten, nicht aufzufinden vermochte, so suchte ich naturgemäss nach solchen bei v. Wistinghausen, und es fand sich folgendes: v. Wistinghausen erwähnt, so oft er Oel durchgetreten findet, dass das Niveau des Oeles in der U-Röhre in gleicher Höhe gestanden habe mit dem der in die aufgesetzte Röhre gegossenen Flüssigkeit, während es anfänglich niedriger gestanden hatte. Da einerseits seine Erklärung hierfür, dass ein Diffusionsstrom der wässrigen Flüssigkeit zum Oele bestanden habe, unhaltbar ist, und da andererseits immer nur der Spiegel des Oeles mit dem anderen gleich hoch stand, nicht einmal etwa höher, so muss man wohl annehmen, dass seine Membranen undicht waren, und die beiden Flüssigkeiten sich etwa so verhalten konnten, wie in communicirenden Röhren; so trat denn durch solch eine Lücke das Oel als das specifisch leichtere einfach in die aufgegossene Flüssigkeit, während diese in die U-Röhre eindrang. Bezeichnend ist, dass bei den Versuchen, wo er Eiweiss zur Galle zugesetzt hatte, und wo der Spiegel im langen Schenkel nicht so hoch gestiegen war, er auch weniger Oel durchgetreten fand: es war da eben die Lücke so klein, dass die schwer beweglichen Eiweisstheilchen den Austausch der Flüssigkeiten erheblich verlangsamten. Dass dem so ist, erscheint um so leichter denkbar, als er ja bei seinen Rinds- und Schweinedärmen die Muscularis zuvor abpraeparirte, was hier viel schwerer auszuführen ist, als bei Katzen- und Hundedarm mit ihrer dicken Muscularis und somit leicht zu Verletzungen der Schleimhaut führen konnte. Dass er bei einer 120fachen Vergrösserung keine Löcher in der Membran gesehen, will wohl nicht viel sagen, man denke nur an die tiefgehenden Drüsenschläuche und die sich vorbauschenden Zotten einerseits und die Kleinheit der hier in Betracht kommenden Verhältnisse andererseits. Nur bei einem einzigen Experiment ist sicher diese Fehlerquelle auszuschliessen, nämlich, wo er eine mit Galle versetzte Emulsion gegen filtrirtes Blutserum durchtreten lässt, da er hierbei ausdrücklich erwähnt, dass die Höhen der Flüssigkeiten sich nicht merklich verändert zeigten, während er doch Oel im Serum fand; jedoch, als ich Blutserum filtrirte, fanden sich neben einzelnen rothen Blutkörperchen auch vereinzelte Fetttröpfchen im Filtrat, und da v. Wistinghausen bei Beginn des Versuchs sich nicht überzeugt, dass kein Oel im Serum enthalten war, so halte ich mich für berechtigt anzunehmen, dass dies schon vorher das Oel enthielt, welches er nach 18 Stunden constatirte.

Andererseits braucht auf diese Fehlerquellen nicht einmal recurrirt zu werden bei den Versuchen, wo v. Wistinghausen zur Gallenlösung Salz-

säure zugesetzt hat und unter dem Mikroskop dann „noch viel mehr Oeltropfen“ findet: durch Zufall nämlich fand ich, dass Lösungen von Galle oder glykocholsaurem Natron auf Zusatz von Säuren (oder Alkalien) eine weissliche Trübung ergeben, die sich unter dem Mikroskop verursacht zeigt durch grössere oder kleinere, in Wasser unlösliche Tröpfchen, welche sehr wohl für Fett gehalten werden können, aber nach Verdunsten des Wassers krystallisiren und wohl aus Cholalsäure bestehen dürften. Auf diese Eigenthümlichkeit ist vielleicht auch die Angabe zu beziehen, dass frische Galle stets Fett enthalte.

So behaupte ich denn, dass die von den meinigen abweichenden Beobachtungen v. Wistinghausen's allein auf Irrthümern und Fehlern beruhen, und dass somit die Meinung, als befördere die Galle das Durchtreten von Fett als solchem durch thierische Membranen, auf seine Versuche sich nicht mehr stützen kann.

Nun kommt es darauf an, festzustellen, welche Berechtigung überhaupt diese Ansicht hat. Mit diesem Gegenstand bin ich augenblicklich noch beschäftigt, und ich behalte mir vor, über die Ergebnisse dieser Untersuchungen seiner Zeit zu berichten.

Litteratur.

Brücke, Ueber die physiologische Bedeutung der theilweisen Zerlegung der Fette im Dünndarm. *Wiener Sitzungsberichte.* 1870. Bd. LXI. Abth. II. S. 362.

C. A. Ewald, *Die Lehre von der Verdauung.*

Derselbe. Ueber Fettbildung durch die überlebende Darmschleimhaut. *Dies Archiv.* 1883. Supplementband. S. 302.

Gad, Zur Lehre von der Fettresorption. *Dies Archiv.* 1878. S. 181.

Grützner, Notizen über einige ungeformte Fermente des Säugethierorganismus Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. VII. S. 285.

Heidenhain, Beiträge zur Histologie und Physiologie der Dünndarmschleimhaut. Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XLIII. Supplementhft.

Hofmeister, Ueber die Rückverwandelung des Peptons in Eiweiss innerhalb der Darmschleimhaut. *Zeitschrift für physiologische Chemie.* 1881. Bd. V. S. 150.

F. Hofmann, Ueber die Reaction der Fette und die quantitative Bestimmung von Fettsäuren in Fetten. *Beiträge zur Anatomie und Physiologie.* Festschrift für Carl Ludwig. 1874. S. 134.

Hoppe-Seyler, *Physiologische Chemie, Allgemeine Biologie.*

Kluge und Koreck, Ueber die Aufgabe der Lieberkühn'schen Drüsen im Dickdarm. *Dies Archiv.* 1883. S. 463.

Lebedeff, Studien über Fettresorption. *Dies Archiv.* 1883. S. 488.

Maisel, Pankreassteine bei einer Kuh. *Jahresbericht der Centralthierarzneischule.* München 1876—77.

v. Mehring, Ein Ersatzmittel für Leberthran. *Therapeutische Monatshefte.* Februar 1888.

I. Munk, Zur Kenntniss der Bedeutung des Fettes und seiner Componenten für den Stoffwechsel. Virchow's *Archiv.* 1880. Bd. LXXX. S. 10.

Derselbe, Zur Lehre von der Resorption, Bildung und Ablagerung der Fette im Thierkörper. Virchow's *Archiv.* 1884. Bd. XCV. S. 407.

Ogata, Ueber die Verdauung nach der Ausschaltung des Magens. *Dies Archiv.* 1883. S. 89.

Quincke, Pflüger's *Archiv* u. s. s. Bd. XIX. S. 129.

Radziejewsky, Experimentelle Beiträge zur Fettresorption. Virchow's *Archiv.* Bd. XLIII. S. 268.

Salkowsky, Beiträge zu den Untersuchungsmethoden der Leber- und der Pflanzenöle. *Zeitschrift für analytische Chemie.* Bd. XXVI. S. 557.

Steiner, C. A. v. Wistinghausen's endosmotische Versuche über die Betheiligung der Galle bei der Absorption der neutralen Fette im Dünndarm. *Dies Archiv.* 1873. S. 137.

Derselbe, Ueber Emulsionen, ihre Entstehung und ihr Werth für die Resorption der neutralen Fette im Dünndarm. *Dies Archiv.* 1874. S. 286.

C. A. v. Wistinghausen, *Experimenta quaedam endosmotica de bilis in absorptione adipum functionibus.* Dorpat 1851.

Zawarykin, Ueber die Rolle der Leukocyten bei der Fettresorption. Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXXI. S. 231.

Zawilsky, Dauer und Umfang des Fettstromes. *Arbeiten aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.* 1874.

Ueber Nucleïnsäuren.

Von

Richard Altmann.

Unter Nucleïnsäuren sollen organische Phosphorverbindungen verstanden werden, welche sich aus verschiedenen Nucleïnen abspalten lassen und sich durch einen höheren Phosphorgehalt auszeichnen, als diese selbst ihn haben. Sie sind wie die Nucleïne in alkalischem und ammoniakalischem Wasser leicht löslich, werden jedoch im Gegensatz zu diesen daraus durch Uebersäuern mit Essigsäure nicht gefällt, wohl aber durch einen geringen Ueberschuss von Salzsäure und anderen Mineralsäuren, besonders unter Zusatz von Alkohol; durch grossen Ueberschuss der Mineralsäuren tritt besonders ohne Alkoholzusatz wieder Lösung und je nach der Stärke der Concentration und der Dauer der Einwirkung Zersetzung ein; in essigsaurer Lösung werden die Nucleïnsäuren gut conservirt. In saurer Lösung fällen dieselben, so lange sie nicht zersetzt sind, Eiweiss in exquisiter Weise; auch Albumosen werden gefällt. Diese Fällungen, welche phosphorhaltig, in alkalischem und ammoniakalischem Wasser löslich, durch Essigsäure und Salzsäure fällbar und gegen Pepsin resistent sind, dürften wohl das vorstellen, was man bisher gemeiniglich als Nucleïne bezeichnet hat. Die verschiedenen Nucleïnsäuren scheinen nur dann einen mehr weniger geringen Gehalt an Schwefel zu zeigen, wenn sie mit Eiweisskörpern verunreinigt sind; reine Nucleïnsäuren scheinen frei von Schwefel und Eiweiss zu sein.

Bei der Abspaltung der Nucleïnsäuren ist im Allgemeinen der Weg zu befolgen, dass man je nach der Art der Muttersubstanzen entweder die Eiweisskörper derselben vorher möglichst unlöslich macht, oder die Muttersubstanzen, sei es durch Alkaliwirkung, sei es durch Pepsin verändert, und dann aus der alkalischen Lösung das durch Uebersäuern mit Essigsäure

Fällbare entfernt; fällt man dann nochmals durch geringen Ueberschuss von Salzsäure unter Zusatz eines gleichen Volumens Alkohol, so fallen mehr weniger reine Nucleïnsäuren aus.

Auch durch Alkalien werden die Nucleïnsäuren leicht zersetzt; indem man bei jener Darstellung die alkalischen Lösungen nicht zu filtriren braucht, sondern dieses erst nach der Fällung mit Essigsäure thut, hat man die Wirkung des Alkalis genau in seiner Hand, ein günstiger Umstand, welcher den bisherigen Nucleïndarstellungen abging, und der wegen des meist schwierigen und Zeit beanspruchenden Filtrirens der Alkalilösungen und der hierbei leicht eintretenden Zersetzungen nicht gering geschätzt werden darf. Ist viel Salz in den Lösungen gegenwärtig, oder sind die Lösungen sehr verdünnt, so wird die Fällung der Nucleïnsäuren schwierig, ebenso die Fällung der Letzteren mit Eiweiss; diese Fällung mit Eiweiss tritt am schönsten in salzarmer Lösung bei grossem Ueberschuss von Essigsäure ein. Die Nucleïnsäuren scheinen selbst gegen Pepsin weniger widerstandsfähig zu sein, als ihre Eiweissfällungen.

Die Nucleïnsäuren stellen in getrocknetem Zustande weisse Pulver vor, welche bei unvollständigem Verbrennen eine sich stark blähende Kohle geben und viel Ammoniak entwickeln; im unreinen Zustande tritt hierbei ein wenig Schwefelwasserstoff auf. Beim vollständigen Verbrennen bleibt kaum eine merkbare Asche zurück, wenn durch stärkeres Glühen auch die Phosphorsäure verflüchtigt ist; der normale Phosphorgehalt der reinen ïnsäuren scheint etwas über 9·5 Procent zu liegen. Das trockene · derselben auf feuchtes Lackmuspapier gebracht röthet dasselbe intensiv. Iucleïnsäuren sind von mir zunächst aus Hefe, Kalbsthymus, Ei- und Lachssperma dargestellt worden.

'arstellung der Nucleïnsäure aus Hefe. 2 Liter frisch aus der ei geholter untergähriger Hefe werden mit 6 Litern Wasser vermischt, ösung von 200 grm Natron in 500 ccm Wasser hinzugefügt und 5 Mi- kräftig verrührt. Es wird darauf der grösste Theil des Natrons dünnter Salzsäure abgestumpft, sodass noch starke alkalische Reaction leibt, und die Masse ihr Aussehen nicht wesentlich geändert hat; vird mit Essigsäure übersäuert und 24 Stunden absitzen gelassen. n stehende Flüssigkeit wird abgehoben, filtrirt und zunächst soviel e zugesetzt, als die entstehenden Niederschläge sich wieder lösen erste bleibende Trübung auftritt; man braucht hierzu soviel Salz- bis alles Natron, auch das an Essigsäure gebundene, gesättigt ist. Dann wird noch soviel Salzsäure hinzugefügt, dass der Gesammtgehalt an freiem HCl etwa 3—5 pro Mille beträgt und das Ganze mit einem gleichen Volumen Alkohol von gleichem Säuregehalt vermischt. Man lässt einen

oder mehr Tage absitzen, giesst die Flüssigkeit ab und bringt den Niederschlag auf ein Filter.

Nach völligem Ablaufen der Flüssigkeit wird der Niederschlag vom Filter gesammelt, mit nicht zu wenig 50 procentigem Alkohol von 3 pro Mille Salzsäuregehalt fein verrieben und filtrirt, dann die gleiche Procedur nacheinander mit reinem Alkohol und Aether vorgenommen. Danach wird der Niederschlag bei mässig erhöhter Temperatur an der Luft getrocknet und zu Pulver verrieben.

Dieses Pulver stellt rohe Nucleïnsäure vor; die Ausbeute ist recht erheblich, sowohl die Menge als auch die Reinheit des Praeparates scheinen je nach der durch die Temperatur beeinflussten Alkaliwirkung etwas zu variiren. Auch muss man bei der Differenz der Ausbeute beachten, dass die Hefe schon nach kurzem Stehen bei Zimmertemperatur ihr Volumen durch Gasentwickelung ändert. Die obergährige Hefe scheint eine andere Ausbeute zu geben, als die untergährige.

Um die rohe Nucleïnsäure zu reinigen, wird dieselbe mit Hülfe von wenig Ammoniak in Wasser gelöst, mit Essigsäure übersäuert, filtrirt und mit Salzsäure 3 bis 5 pro Mille unter Zusatz eines gleichen Volumens Alkohol mit gleichem Säuregehalt gefällt. Auf diese Weise erhielt ich Praeparate, deren Phosphorgehalt bis 9·1 Procent ging, der Schwefelgehalt betrug dabei 0·12 Procent. Es ist jedoch schwierig, auf die angegebene Art gute Praeparate zu erhalten, und muss deshalb die Reinigung noch einmal und auf andere Weise vorgenommen werden. Folgendes Beispiel soll dieses erläutern.

35 ^{grm} rohe trockene Nucleïnsäure wurden mit Hülfe von wenig Ammoniak in 1 Liter Wasser gelöst, mit Essigsäure übersäuert, centrifugirt, die trübe opalisirende bräunliche Flüssigkeit mit HCl und Alkohol in beschriebener Weise gefällt, der Niederschlag auf ein Filter gesammelt, von hier noch feucht mit Hülfe von wenig Ammoniak wieder in $^1/_2$ Liter Wasser gelöst, mit Essigsäure schwach übersäuert und ein gleiches Volumen Alkohol hinzugefügt. Es entstand ein reichlicher bräunlicher Niederschlag, das Filtrat war dagegen wasserklar. Nach dem Zusatz von 3 bis 5 pro Mille HCl entstand in dem letzteren ein überreicher, fast rein weisser Niederschlag. Derselbe wurde auf ein Filter gesammelt und nach einander mit 50 procentigem Alkohol (HCl 3 pro Mille), Alkohol absolutus und Aether verrieben, filtrirt, zuletzt getrocknet und gepulvert. Dieses Praeparat ergab 9·44 Procent Phosphor, Schwefel war nur in Spuren vorhanden.

Mit Hülfe dieses letzteren Reinigungsverfahrens gelingt es leicht und sicher, Nucleïnsäuren von grosser Reinheit zu erhalten. Leider habe ich dieses Verfahren erst neuerdings gefunden und

vermag daher über die Constanz der Resultate noch keinen näheren Aufschluss zu geben.

Man kann auch durch grossen Ueberschuss von Essigsäure die Fällung der Nucleïnsäure aus dem 50 procentigen Alkohol vornehmen; deshalb darf man vorher auch nur schwach übersäuert haben, sonst fällt vieles oder alles aus.

Die Hefe ist zur Gewinnung grösserer Mengen der Nucleïnsäure das beste Material und die angegebene Methode führt relativ schnell zum Ziel. Will man die Nucleïnsäure aus dem Nucleïn der Hefe selbst abspalten, so muss man entsprechend dem Kossel'schen Verfahren[1] nach dem Zusatz eines geringeren Quantums Natron filtriren und ohne Essigsäure direct durch einen Ueberschuss von Salzsäure fällen. Dieser Niederschlag, ein Gemisch von Nucleïn und Nucleïnsäure, wird dann mit Hülfe von wenig Ammoniak in Wasser gelöst, die Lösung mit Essigsäure übersäuert, filtrirt und nach den gegebenen Vorschriften weiter behandelt. Ich habe jenes directe Verfahren meistens vorgezogen, um das gefährliche Filtriren der alkalischen Lösung zu vermeiden.

Löst man das durch Essigsäure gefällte Nucleïn nochmals in zweiprocentiger Natronlauge und fällt wieder mit Essigsäure, Salzsäure und Alkohol u. s. w., so erhält man eine neue Portion Nucleïnsäure, ein Zeichen, dass durch weitere Alteration des Nucleïns vermittelst des Alkalis neue Nucleïnsäure frei geworden ist, ebenso wie bereits die erste Portion durch die erste Natronwirkung frei geworden sein mag. Auch bei jenem directen Verfahren kann man mit geringeren Flüssigkeitsmengen eine neue Portion Nucleïnsäure aus dem Heferückstand gewinnen, wenn auch weniger, als nach der ersten Fällung. Die zweiten Portionen fallen reichlicher aus, wenn vorher verdünntere Natronlösungen angewendet sind; sie können ganz wegbleiben, wenn die Alkaliwirkung zu energisch gewesen ist. Ich habe gewöhnlich bei der Hefe auf diese zweiten Portionen verzichtet und jene angegebene für die Hefe in Folge ihrer Empfindlichkeit schon beträchtliche Concentration des Natrons gewählt, um gleich bei dem ersten Mal das Maximum der Ausbeute zu haben. Es ist möglich, dass man durch schwächeres Natron und zweimalige Extraction die Gesammtausbeute etwas vergrössert, indem man dadurch die Gefahr der Zersetzung verringert. Ich gedenke jedoch bei der Rohdarstellung der Nucleïnsäure der Hefe später lieber mein Augenmerk mehr darauf zu richten, das Verfahren compendiöser zu gestalten, selbst mit einigem Verlust; vielleicht wird es auch zweckmässiger sein, die Oberhefe zu benutzen, wo diese zur Verfügung steht. Ich hoffe

[1] Kossel, Ueber das Nucleïn der Hefe. *Zeitschrift für physiologische Chemie.* Bd. III.

durch solche Variationen die rohe Nucleïnsäure schon durch Salzsäure allein ohne Alkohol auszufällen; es wäre dieses eine wesentliche Vereinfachung des Verfahrens, und man könnte dann mehr in grösserem Maassstabe arbeiten.

Abgesehen von jener wahrscheinlichen Alteration durch das Alkali dürften wohl mit dem entstehenden Salzgehalt der Lösung und durch andere Umstände des oben geschilderten Verfahrens auch sonst noch Bedingungen gegeben sein, welche die Abspaltung und isolirte Fällung der Nucleïnsäure aus der essigsauren Lösung begünstigen.

Kossel erhielt in seinen Nucleïnpraeparaten der Hefe einmal etwa 6 Procent Phosphor, sonst zwischen 3 bis 4 Procent. Diese Schwankungen sind keineswegs merkwürdig, wenn man bedenkt, dass, wie eben erwähnt, diese Praeparate aus zwei Substanzen gemischt sein müssen, nämlich aus dem durch Essigsäure und Salzsäure fällbaren Nucleïn und aus der durch Salzsäure fällbaren Nucleïnsäure. Der Gehalt der zur Lösung angewendeten Natronlauge und der zur Fällung verwendeten Salzsäure dürfte auf das Mengenverhältniss jener beiden Substanzen von grossem Einfluss sein. Entsprechend dem geringeren Phosphorgehalt seiner Praeparate fand Kossel einen höheren Schwefelgehalt von 0·41 Procent. Eine gegenseitige Relation des Phosphors und des Schwefels, den ersteren bezogen auf Nucleïnsäure, den letzteren auf Eiweisskörper, auszurechnen, wäre unnütz, weil die Fehlergrenzen der Schwefelbestimmungen bei so geringem Gehalt zu gross sind.

Fällt man eine concentrirtere ammoniakalische Lösung der Nucleïnsäure mit grossem Ueberschuss von Alkohol und Aether, so erhält man nach dem Waschen mit Alkohol und Aether und nach dem Trocknen und Verreiben ein Praeparat, welches sich schon ohne Zusatz von Ammoniak und Alkalien in Wasser mit neutraler Reaction löst und wahrscheinlich nucleïnsaures Ammoniak vorstellt. Da reine Nucleïnsäuren an Löslichkeit leicht zu verlieren scheinen, so ist es vielleicht zweckmässig, zum Aufheben dieses letztere darzustellen.

Darstellung der Nucleïnsäure aus Thymus. Frische Kalbsthymus wird in grösserer Menge von anhängenden Gewebsbestandtheilen gereinigt, fein gemahlen, als Brei in sehr dünner Schicht auf eine Anzahl Bogen Fliesspapier gestrichen, welche auf Drahtnetzen in Zwischenräumen übereinander geschichtet in einen durchziehenden Luftstrom von 40—45° C. gebracht werden. Die Oberflächen trocknen bald fest und nach einiger Zeit ist alles in eine trockene harte Masse verwandelt. Die Papierbogen werden nun mitsammt dem Aufstrich im Mörser zerstossen und das Pulver nacheinander mit Alkohol und Aether erschöpft. Dann wird getrocknet und nochmals möglichst fein gepulvert. Es ist zweckmässig, dieses Pulvern in einer guten Apotheke vornehmen und die feinsten Nummern der Haar-

siebe anwenden zu lassen. Dann bleibt das Praeparat lange Zeit unter ziemlich wasserfreiem Glycerin stehen, um darauf nacheinander wieder mit Alkohol und Aether extrahirt, getrocknet und gepulvert zu werden.

100 ^{grm} des trockenen Pulvers wurden mit einem Liter Wasser vermischt, 20 ^{grm} Natron in 40 ^{ccm} Wasser gelöst hinzugefügt, die dicklich quellende Masse 5 Minuten verrührt und mit Essigsäure übersäuert; hierbei scheidet sich die gequollene Masse in eine Flüssigkeit und in einen Bodensatz. Es wird absitzen gelassen, filtrirt, das Filtrat mit HCl bis zur bleibenden Trübung versetzt, dann noch 3 pro Mille HCl und ein gleiches Volumen Alkohol mit demselben Säuregehalt hinzugefügt. Der Niederschlag setzte sich trotz des Alkohols schlecht ab und es musste deshalb halb bis dreiviertel soviel Aether zugesetzt werden, event. noch etwas Salzsäure; Salzlösungen von dem hier in Betracht kommenden Gehalt werden dadurch noch nicht gefällt. Man wartet dann, bis sich der Niederschlag gut zu Boden gesetzt hat und hebt die oben stehende Flüssigkeit sorgfältig und vollständig ab. Der Bodensatz ging beim Versuch zu filtriren milchig durch das Papier und wurden deshalb allmählich kleine Portionen Wasser zugesetzt, bis derselbe nach kurzem Warten körnig-flockig zusammenging. Dann wurde filtrirt und der gewonnene Niederschlag nacheinander mit 50 procentigem Alkohol (HCl 3 pro Mille), Alkohol absol. und Aether verrieben, filtrirt, getrocknet, gepulvert. Die quantitative Bestimmung ergab hier ohne nochmaliges Reinigen 9·2 Procent Phosphor; Schwefel war qualitativ nachweisbar.

Die nach dem Uebersäuern der dicklichen Natronlösung mit Essigsäure auf dem Filter zurückbleibende Masse wurde nochmals in gleicher Weise behandelt und ergab eine zweite Portion Nucleïnsäure.

Auch hier traten dieselben Charaktere hervor, wie bei der Nucleïnsäure der Hefe, nur dass hier gleich bei der erstmaligen Fällung ein augenscheinlich ziemlich reines Praeparat erhalten wurde.

Die erste Schwierigkeit bei der Behandlung der Thymus und ähnlicher Organe liegt darin, die Eiweisskörper möglichst unlöslich zu machen; es wurde dieses, wie es scheint, auf die angegebene Weise in zweckmässiger Art erreicht. Die zweite Schwierigkeit besteht darin, der Natronlösung eine möglichst grosse Oberfläche von Seiten des Praeparates darzubieten. Diese Oberfläche ist bei der Hefe in Folge der Vertheilung der mikroskopischen Elemente ungeheuer gross, und das Gleiche gilt bei der Behandlung des Lachssperma's; unendlich wird die Oberfläche, wenn, wie bei dem Eidotter, die Abscheidung des Nucleïns und der Nucleïnsäure aus opalisirender Lösung erfolgt. Diese günstigen Bedingungen wurden bei der Thymus durch das feine Pulvern doch nur theilweise erreicht, und man darf daher auch die Wasserquantitäten nicht zu gross nehmen, um nicht die Verdünnung zu

sehr zu steigern. Dafür dürfte ein solches Praeparat für wiederholte Extraction der Nucleïnsäure geeignet sein. Der vorsichtige Zusatz von Wasser zu dem milchigen Bodensatz scheint für die Herstellung eines guten Praeparates wesentlich zu sein, indem hierbei wahrscheinlich ein Theil des Bodensatzes sich wieder löst, ein anderer, die reinere Nucleïnsäure, dagegen flockig zusammengeht.

Darstellung der Nucleïnsäure aus Eidotter. Lufttrockene Dotterconserve[1] wurde mit Alkohol und Aether erschöpft, getrocknet, gepulvert. 20 ^{grm} des trockenen, rein weissen Pulvers wurden nach Bunge's Methode[2] mit 2 Litern Wasser von 1 pro Mille HCl verrührt und da die Lösung, wahrscheinlich in Folge der intensiven Alkohol-Aetherbehandlung, etwas langsam vor sich ging, ohne filtrirt zu werden mit Pepsin versetzt und bei 50 °C. verdaut. Hierbei trat bald Lösung ein, so dass eine klare, schwach opalisirende Flüssigkeit resultirte und am Boden nur wenige Flöckchen von Dotterhaut u. s. w. sich absetzten. Nach einiger Zeit trat der Bunge'sche Niederschlag auf, und indem die Verdauung noch mehrere Stunden fortgesetzt wurde, setzte sich derselbe zu Boden. Die oben stehende Flüssigkeit wurde abgehoben, der Bodensatz zunächst centrifugirt, dann nach dem Abgiessen der Flüssigkeit auf das Filter gebracht. Nachdem alles gut abgelaufen war, wurde der Niederschlag in 200 ^{ccm} Wasser mit Hülfe von sehr wenig Ammoniak gelöst, mit Essigsäure übersäuert, filtrirt, das Filtrat mit HCl und Alkohol in der beschriebenen Weise gefällt, und der Niederschlag wieder mit 50 procentigem Alkohol (HCl 3 pro Mille), Alkohol absol., Aether behandelt, getrocknet, gepulvert. Die Eigenschaften des Pulvers waren die gleichen wie bei der Nucleïnsäure der Hefe und der Thymus. Die quantitative Bestimmung ergab jedoch nur 7·9 Procent Phosphor, dagegen 0·31 Procent Schwefel.

Wir haben es demnach in diesem Falle mit einem wesentlich weniger reinen Praeparat zu thun, wie in den beiden vorigen Fällen. In dem bei der Verdauung entstehenden Niederschlag musste die Nucleïnsäure schon neben dem Nucleïn praeformirt vorhanden sein, weil kein Natron, sondern nur wenig Ammoniak zur Lösung in Anwendung kam. Die nach dem Uebersäuern mit Essigsäure auf dem Filter bleibende Substanz wurde nochmals in zweiprocentiger Natronlauge gelöst, nach 5 Minuten mit Essigsäure übersäuert, filtrirt, und mit Salzsäure und Alkohol in der beschriebenen Weise gefällt. Die Fällung ergab eine zweite Portion Nucleïnsäure.

---

[1] Aus der Albuminfabrik von C. H. Haedrich, Leipzig-Lindenau.

[2] G. Bunge, Ueber die Assimilation des Eisens. *Zeitschrift für physiologische Chemie*. Bd. IX.

Bunge erhielt bei seiner Darstellung in seinem Haematogen im Maximum 5·23 Procent Phosphor, im Mittel 5·19 Procent Phosphor und 0·55 Schwefel. Auch hier finden wir also in unserem Praeparat mit jener Abnahme des Schwefelgehaltes eine Zunahme des Phosphors, so dass schwefelfreie Praeparate jenen Gehalt von 7·9 Procent erheblich übersteigen müssten. Ich hoffe, auch beim Eidotter bei grösseren Mengen mit Hülfe jenes bei der Hefe beschriebenen Reinigungsverfahrens reinere Praeparate zu erhalten.

Auf Eisen habe ich nicht untersucht, weil dieses ausserhalb des Bereiches meiner jetzigen Bemühungen lag, doch lässt sich vermuthen, dass wie in Bunge's Abspaltungen des Haematogens, so auch hier in der Nucleïnsäure das Eisen mit dem Phosphor vereint bleiben dürfte.

Darstellung der Nucleïnsäure aus Lachssperma. Benutzt wurden 20 grm eines trockenen entfetteten Spermapulvers, welches aus reifen Testikeln durch Beuteln isolirt und nach dem Waschen mit Essigsäure haltendem Wasser drei Mal mit Alkohol ausgekocht und sofort ausgepresst war.[1] Das trockene Spermapulver wurde zunächst zur Entfernung des Protamins mit 400 ccm einprocentiger Salzsäure verrieben und centrifugirt und diese Procedur im Ganzen vier Mal vorgenommen. Schon beim dritten Mal gab die Flüssigkeit kaum eine Trübung durch Ferrocyankalium und Essigsäure.[2] Dann wurde das Praeparat mit 400 ccm $^1/_2$procentiger Salzsäure fein verrieben, Natronlösung in geringem Ueberschusse und 800 ccm Wasser zugesetzt, verrührt, 10 Minuten gewartet, mit Essigsäure übersäuert, 12 Stunden absitzen gelassen, filtrirt, das Filtrat mit verdünnter Salzsäure bis zur maximalen Trübung und dem gleichen Volumen Alkohol versetzt, nach dem Absitzen des Niederschlages derselbe auf ein Filter gebracht, und dann nacheinander mit 50 procentigem Alkohol (HCl 3 p. m.), Alkohol absolutus, Aether in der beschriebenen Weise verrieben, filtrirt und zuletzt getrocknet, gepulvert. Die quantitative Bestimmung ergab 9·6 Procent Phosphor, Schwefel war qualitativ nachweisbar.

Der nach dem Uebersäuern mit Essigsäure als compacte Gallerte auf dem Filter bleibende Rückstand wurde nochmals mit $^1/_2$ procentiger Salzsäure verrieben, wobei er eine körnige Beschaffenheit annahm und auf ein kleineres Volumen zusammenging, die Salzsäure wurde abfiltrirt, das feuchte Pulver mit $^1/_2$ Liter Wasser verrührt, 10 grm Natron in 100 ccm Wasser gelöst zugesetzt, 5 Minuten verrührt, mit Essigsäure übersäuert, filtrirt, mit verdünnter Salzsäure bis zur maximalen Trübung versetzt, ein gleiches Volumen Alkohol zugefügt und der Niederschlag in der beschriebenen Weise

[1] Das Praeparat stammte aus der Hand des Hrn. Professor Miescher in Basel.

[2] F. Miescher, Die Spermatozoen einiger Wirbelthiere. *Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel.* 1878. Bd. III.

weiter behandelt. Es ergab sich auf diese Weise eine neue noch grössere Portion Nucleïnsäure.

Der Gang der obigen Darstellung weicht besonders bei der ersten Portion von dem Verfahren Miescher's nur dadurch ab, dass die Natronlösung nicht direct mit Salzsäure und Alkohol gefällt wurde, sondern dass dieselbe zuerst mit Essigsäure übersäuert, dann filtrirt und mit Salzsäure und Alkohol behandelt wurde.

Auch Miescher bekam Phosphorwerthe von dem oben angegebenen Procentgehalt, sodass also die Möglichkeit vorlag, dass meine Praeparate mit den seinigen identisch sind. Um diese Identität nachzuweisen, wird es nöthig sein, die Nichtfällbarkeit des Miescher'schen Spermanucleïns durch Uebersäuern mit Essigsäure und die Fällbarkeit der Eiweisskörper durch die essigsaure Lösung zu prüfen. Leider habe ich gleich das ganze mir zu Gebote stehende Quantum des Lachssperma's in der angegebenen Weise verarbeitet, und konnte ich daher diese Prüfung nicht vornehmen. Es ist mir jedoch nicht unwahrscheinlich, dass eine Identität oder mindestens eine nahe Analogie besteht, und dass demnach in den Praeparationen des Autors der Nucleïne zugleich das Prototyp für die Nucleïnsäuren gegeben ist.

Miescher fand in seinen Praeparaten keinen Schwefel vor. Diese Differenz des Befundes könnte entweder darauf beruhen, dass meine Praeparate weniger rein sind, oder dass von mir eine empfindlichere Methode des Schwefelnachweises angewendet wurde. Dieselbe bestand darin, dass eine kleine Portion der trockenen Nucleïnsäure in einem trockenen Reagensglase verkohlt wurde, in dessen Oeffnung ein mit Bleiacetatlösung getränktes Fliesspapierstück lose zusammengerollt eingeschoben war. Die geringsten Spuren von Schwefel zeigen sich durch eine Dunkelfärbung der unteren Papierränder an.[1] Ich habe diese Methode vielfach geprüft, und sie als ausserordentlich bequem und zuverlässig gefunden, um geringe Verunreinigungen mit Eiweiss zu demonstriren. Vielleicht wird sich diese Methode besonders bei sehr geringem Procentsatze des Schwefelgehaltes auch quantitativ mit Vortheil verwerthen lassen; denn wenn man an einem Praeparate mit bekanntem grösseren Schwefelgehalte durch Verdünnung mit schwefelfreier Substanz die untere Grenze des Nachweises mit dieser Methode festgestellt hat, so kann man an einem Praeparate von unbekanntem Schwefelgehalte diese Verdünnung ebenfalls bis zum Aufhören der Reaction treiben, und aus dem Grade dieser Verdünnung den Procentgehalt des Schwefels berechnen. Gegenüber der Unsicherheit, welche die bisherigen Schwefel-

---

[1] Auf die Empfindlichkeit dieser Methode bin ich durch Hrn. Dr. Reese aufmerksam gemacht worden.

bestimmungen schon bei Zehntelprocenten haben, dürfte vielleicht mit dieser Methode eine grössere Genauigkeit erreichbar sein.

Dass bei der zweiten Behandlung desselben Praeparates eine noch grössere Portion Nucleïnsäure gewonnen wurde, als bei der ersten, trotzdem hier eine grössere Flüssigkeitsmenge zur Lösung in Anwendung kam, erklärt sich wohl aus dem stärkeren Natrongehalte der zweiten Lösung. Es scheint danach, als wenn erst durch das Natron eine Alteration des phosphorhaltigen Körpers stattfinden müsse, damit derselbe bei dem Uebersäuern mit Essigsäure nicht gefällt werde.

Jedenfalls ist das Lachssperma, wenn es in hinreichender Menge zur Verfügung steht, für die Gewinnung der Nucleïnsäure sehr bequem. Eiweisskörper sind darin überhaupt nur in geringer Menge vorhanden, denn Miescher fand nur einen Gesammtgehalt an Schwefel von 0·2 Procent. An Stelle der Eiweisskörper haben wir hier das Protamin, welches durch Nucleïnsäure fällbar ist. Aber dieses lässt sich wie es scheint vollständig durch die vorausgehende Behandlung mit einprocentiger Salzsäure extrahiren. Die Gefahr der Verunreinigung der Nucleïnsäure ist demnach hier keine grosse.

Sollte sich die Identität des Spermanucleïns von Miescher mit meinen Praeparaten erweisen, so würde ich dafür plaidiren, für jenes lieber die Bezeichnung als Nucleïnsäure zu nehmen; denn offenbar würde dann hier die Verwandtschaft zu den von mir aus Hefe, Thymus und Eidotter hergestellten Praeparaten wegen des hohen Phosphorgehaltes, der geringen Schwefelmenge und des fast ganz fehlenden Eiweisses, wegen des Gelöstbleibens in mit Essigsäure übersäuertem Wasser, wegen der Eiweiss fällenden Eigenschaft und vielleicht noch aus manchen anderen Gründen eine sehr grosse sein, während jenes selbe Spermanucleïn gegenüber den sonst als Nucleïne bezeichneten Substanzen in Folge des Gegensatzes in allen diesen Punkten eine sehr isolirte Stellung einnimmt. Es erscheint schwer annehmbar, eine Substanz, welche wie das Spermanucleïn über 9·5 Procent Phosphor und fast keinen Schwefel aufweist, z. B. mit dem von Miescher selbst zuerst dargestellten Nucleïn der Eiterzellen, welches nach seinen Analysen etwa 2·5 Procent Phosphor und fast 2 Procent Schwefel enthält, in einer Gruppe zu vereinigen. Ich glaube nicht, dass es gelingen wird, die verschiedenen Nucleïnsäuren als völlig identische und einheitliche Substanzen nachzuweisen, aber ich glaube, dass dieses in Bezug auf ihre wesentlichen Charaktere gelingen wird.

Zur Synthese der Nucleïnsäuren. Die Frage von der Synthese soll hier nur in kurzen Zügen berührt werden. Neuerdings hat L. Liebermann[1] die Hypothese aufgestellt, dass in den Nucleïnen der Phosphor als

[1] Liebermann, Ueber das Nucleïn der Hefe und künstliche Darstellung eines Nucleïns aus Eiweiss und Metaphosphorsäure. *Berichte der deutschen chemischen Ge-*

Metaphosphorsäure vertreten sei. Diese Hypothese interessirte mich schon deshalb, weil ich selbst seiner Zeit von dieser Idee ausgegangen war und ähnliche Versuchsreihen angestellt hatte. Dennoch wagte ich damals nicht, eine solche Anschauung zu äussern, weil doch vielerlei Bedenken dagegen übrig blieben.

Liebermann hat durch verdünnte Salzsäure und Salpetersäure aus Nucleïn oder Nucleïn haltenden Substanzen Extracte gewonnen, welche phosphorhaltig waren, Eiweiss fällende Eigenschaft zeigten, mit Molybdän aber nicht direct, sondern erst nach längerem Kochen mit Salpetersäure Orthophosphorsäure erkennen liessen; er folgert daraus, dass er es hier mit Metaphosphorsäure zu thun habe; Isolation derselben und weitere Begründungen seiner Ansicht scheinen ihm dagegen nicht gelungen zu sein.

Meine damalige Vorsicht hat sich nun insofern bewährt, als durch die Darstellung der Nucleïnsäuren wirklich Substanzen isolirt wurden, welche mit Eiweiss fällenden Eigenschaften ausgestattet dennoch keine Metaphosphorsäure waren, sondern organische Phosphorverbindungen. Da auch die Nucleïnsäuren nach ihren anfangs geschilderten Eigenschaften in den verdünnten Mineralsäuren der Laboratorien löslich sind und als organische Phosphorverbindungen mit Molybdän keinen directen Niederschlag geben, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass Liebermann es in seinen Extracten mit Nucleïnsäuren zu thun gehabt hat.

Eine andere Frage ist die, ob vielleicht die Metaphosphorsäure als Componente in den Nucleïnsäuren selbst vertreten ist und hier die Eiweiss fällende Eigenschaft derselben bedingt. Auch dieses ist mir nicht wahrscheinlich, weil die Nucleïnsäuren durch Behandlung mit verschiedenen Agentien, u. A. auch durch Mineralsäuren, ihre Eiweiss fällende Eigenschaft leichter zu verlieren scheinen, als es bei der Metaphosphorsäure der Fall ist.

Ich habe deshalb mein Augenmerk insbesondere auf organische Substanzen gerichtet, welche Eiweiss fällende Eigenschaften zeigen und deshalb in den Nucleïnsäuren vertreten sein könnten.

Bekannt ist, dass die Taurocholsäure exquisite Eiweissfällungen giebt. Da jedoch die reinen Nucleïnsäuren schwefelfrei zu sein scheinen, jedenfalls sehr schwefelarm sind, so dürfte es unlohnend sein, die Gegenwart dieses schwefelreichen Körpers darin zu vermuthen.

Bei weiteren Versuchen fand sich zunächst, dass die von Hundeshagen[1] in Drechsel's Laboratorium dargestellte Anhydridform der Glycerin-

---

sellschaft. 1888. S. 598; — Ueber Nucleïn. *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1889. S. 210; — *Ebenda.* S. 497.

[1] Hundeshagen, Zur Synthese des Lecithins. *Journal für praktische Chemie.* 1883.

phosphorsäure intensiv Eiweiss fällt, während die gewöhnliche Glycerinphosphorsäure dieses nicht thut.[1] Es wäre gewiss von Interesse, die Gegenwart jener Anhydridform der im Lecithin vertretenen Glycerinphosphorsäure in den Nucleïnsäuren nachzuweisen, und damit Analogieen zwischen zweien Substanzen zu schaffen, welche augenscheinlich beide im Organismus eine hochwichtige Rolle zu spielen haben. Ich werde es nicht versäumen, die Nucleïnsäuren darauf näher zu untersuchen; zunächst handelte es sich nur darum, die Möglichkeiten heranzuziehen, durch welche die Eiweiss fällende Eigenschaft der Nucleïnsäuren bedingt sein könnte.

Aus diesem Grunde habe ich noch einige Versuchen mit Fettsäuren und deren Verbindungen angestellt, welche ich hier kurz beschreiben will, weil mir aus mancherlei Beobachtungen hervorzugehen scheint, dass dieselben oder ihnen verwandte Körper bei der künftigen Synthese der Nucleïnsäuren nicht ganz vernachlässigt werden dürfen.[2]

Schon mit verdünnten Seifenlösungen, die man mit Hülfe von etwas Glycerin klar hält, und welche man durch leichtes Uebersäuern opalisirend macht, kann man Eiweissfällungen erhalten, wenn man die Mengenverhältnisse zweckmässig wählt. Noch eleganter gelingt dieses mit Hilfe des Lecithins.

Wird ein nach den üblichen Methoden hergestelltes Lecithin trocken in Chloroform gelöst und eventuell klar filtrirt, dann die Lösung durch Abdunsten auf ein sehr kleines Volumen gebracht, so erhält man, wenn mehrere Volumina eines möglichst wasserfreien Acetons hinzugefügt werden, eine Fällung, welche wohl nicht anders als ein von Fett und Fettsäurebeimengungen völlig gereinigtes Lecithin vorstellt. Dieses Aceton-Lecithin löst sich nach dem Trocknen klar in Wasser auf. Die klare Lösung wird durch starkes Uebersäuern mit Essigsäure nicht getrübt. Fügt man dieser stark essigsauren Lösung tropfenweise neutralisirte Hühnereiweisslösung hinzu, so entstehen flockige Fällungen, welche sich am Boden absetzen.

[1] Hr. Prof. Drechsel hatte die Güte, mich darauf aufmerksam zu machen, dass möglicher Weise zwischen jener Anhydridform und der zweibasischen Glycerinphosphorsäure eine einbasische steht, die sich beim Lösen des Neutralaethers in Wasser bilden und analog der einbasischen Metaphosphorsäure Eiweiss fällen könnte. Ich bin meinem verehrten Collegen, der mir seine reichen chemischen Erfahrungen nicht nur in der Nucleïnfrage, sondern auch in anderen Fällen stets in freundlichster Weise zur Verfügung zu stellen pflegt, hierfür zu grossem Danke verpflichtet.

[2] Diese hypothetische Vermuthung, dass die Fettsäuren oder ihnen verwandte Körper in der Substanz des Kernes eine Rolle zu spielen haben, ist wenigstens insofern von Nutzen gewesen, als sie mich darauf leitete, bei der morphologischen Untersuchung desselben solche Substanzen zu verwerthen, welche bei Fetten Verwendung gefunden haben. Mit Hülfe einer modificirten Fixirung durch Osmiumsäure und der darauf folgenden Färbung mit Cyanin, welchem eine Chromophilie gegenüber dem Fette ebenfalls nachgesagt wird, gelang es mir, die Granula des ruhenden Kernes zu demonstriren. (Vergl. Die Structur des Zellkernes. *Dies Archiv.* 1889. Anat. Abthlg.)

Ganz ähnlich verhält sich in dieser Beziehung das von Drechsel dargestellte Jecorin.

Es scheint danach, dass, wenn es gelingt, Fettsäureverbindungen verschiedener Art in saure Lösungen zu bringen, dieselben Eiweiss fällende Eigenschaften haben. Ich habe diese Fällungen ebenso wie das Acetonlecithin selbst noch nicht näher untersucht, gedenke dieses aber später zu thun.

Es ist vielleicht auch nicht so ganz zufällig, dass in denjenigen organischen Verbindungen, welche im Organismus abgesehen vom Nucleïn mit Phosphor vereinigt vorkommen, die Fettsäuren als solche vertreten sind, wie sowohl für das Lecithin, wie auch für das Jecorin nachgewiesen ist.

Es liegt mir ferne, auf Grund dessen zu behaupten, dass in den Nucleïnsäuren die Fettsäuren direct als Componenten vorhanden sind, ich halte es aber von mancherlei Gesichtspunkten aus nicht für unmöglich, dass daselbst ein den Fettsäuren verwandter, bez. sich von ihnen ableitender Körper diejenige Componente ist, welche die Eiweiss fällende Eigenschaft der Nucleïnsäuren bedingt, die in ihrer Energie derjenigen der Taurocholsäure in nichts nachsteht.

Zum Schluss möchte ich noch bemerken, dass ich es bei der Darstellung des Lecithins zur Vermeidung grosser Verluste zweckmässig gefunden habe, die schon erwähnte käufliche Dotterconserve vollends über Schwefelsäure zu trockenen und nun statt mit dem sonst angewendeten Aether mit möglichst wasserfreiem Aceton zu extrahiren; man lässt bei grösseren Mengen zweckmässig das jedesmalige Quantum des Acetons so lange wirken, bis das vorhergehende frisch destillirt ist. Dann wird getrocknet, mit warmem Alkohol extrahirt, filtrirt, das Filtrat bei 50° C. in flachen Schalen abgedunstet, der Rückstand über Schwefelsäure getrocknet, mit wenig Alkohol aufgenommen, filtrirt, auf sehr kleines Volumen gebracht, mit Aceton gefällt, der Niederschlag über Schwefelsäure getrocknet, mit Chloroform gelöst, die Lösung klar filtrirt, wieder auf ein sehr kleines Volumen gebracht, mit Aceton gefällt und der Niederschlag über Schwefelsäure aufgehoben. Die Extraction der Dotterconserve mit Aceton nimmt man zweckmässig in einem grossen Scheidetrichter vor, den man ein wenig mit Baumwolle verstopft. Wenn die getrocknete Conserve nicht weiter gepulvert wird, so läuft das jedesmalige Quantum Aceton schnell ab.

Leipzig, im August 1889.

Ueber eine neue Färbungsmethode des centralen Nervensystems und deren Ergebnisse bezüglich des Zusammenhanges von Ganglienzellen und Nervenfasern.

Von

Paul Flechsig.

(Aus den Berichten der K. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften.)

(Hierzu Taf. X.)

So vollkommen durch die von Golgi eingeführten Färbungsmethoden die centralen Ganglienzellen mit ihren Ausläufern dargestellt werden, so bleiben doch hierbei die Beziehungen der letzteren zu dem in der grauen Substanz vorhandenen Faserfilz, insbesondere zu den markhaltigen Elementen desselben noch vielfach dunkel, insbesondere deshalb, weil sowohl bei der Sublimat- als Silberfärbung der grösste Theil der Nervenfasern des Filzes ungefärbt erscheint. Diesem Mangel wird in bisher unerreichter Weise abgeholfen durch eine Combination der Golgi'schen Sublimatfärbung mit einer den nervösen Faserfilz in höchst vollständiger Weise darstellenden Tinctionsmethode, welche im Laboratorium der psychiatrischen und Nervenklinik hier ausgebildet worden ist und in Folgendem besteht.

Die in zwei Procent wässeriger Lösung von chromsaurem Kali erhärteten Stücke werden in feine nicht über $^{5}/_{100}$ mm starke Schnitte zerlegt und kommen zunächst in Alkohol von 96 Procent, hiernach 3—8 Tage in eine Lösung von Rothholzextract bei einer Temperatur von ca. 35° C. Die dunkelrothbraun gewordenen Schnitte werden kurz in Aqua destillata abgespült und dann entfärbt, so wie es Pal für die Haematoxylinfärbung angegeben hat. Die Entfärbung muss eine sehr sorgfältige und vollkommene sein, was am besten auf folgende Weise gelingt. Jeder Schnitt wird einzeln in 3 ccm einer $^{1}/_{4}$—$^{1}/_{5}$ proc. Lösung von Kalium hypermanganicum gelegt und bleibt darin so lange, bis die Lösung den bläulichen Farbeton verloren hat; er kommt dann in die Entfärbungsflüssigkeit (Aq. dest. 200·0; Acid. oxal. 1·0; Kal. sulfurosi 1·0) und, wenn die Entfärbung (welche sich weniger leicht vollzieht als bei der Weigert'schen Haemotoxylinfärbung) nicht vollkommen geworden, wieder in Kalium hypermanganicum zurück u. s. w., bis jeder gelbliche Farbenton aus dem Schnitt geschwunden ist.

Die Rothholzlösung wird nach der Angabe von Wilhelm Freiherr v. Branca folgendermaassen hergestellt. 1 grm des Extractum purum von japanischem Rothholz wird in 10 grm absoluten Alkohols gelöst, mit 900 grm Aquae destillatae verdünnt und aufgelöst unter Zusatz von je 5 grm einer gesättigten Lösung von Glaubersalz und Weinsteinsäure.

Soll die v. Branca'sche Rothholzfärbung mit Golgi's Sublimatfärbung combinirt werden (zuerst von Cand. med. H. Held an einem in chromsaurem Kali erhärteten Gehirn vom Menschen angewandt, welches ca. 1 Jahr lang in 1 proc. Sublimatlösung gelegen hatte), so kommen die auf die oben beschriebene Weise gefärbten Schnitte in eine Mischung von 20 ccm absoluten

Alkohols mit 5 Tropfen einer 1 proc. Lösnng von Goldgloridkalium bis die Sublimatniederschläge, die im Schnitt bei auffallendem Licht weisslich aussehen, tief schwarz geworden sind, und die rothen Nervenfaserbündel einen bläulichen Ton angenommen haben; dann ganz kurzes Auswaschsen (der Schnitt muss auf der Lösung schwimmen) in 10 ^{grm} Aquae destillatae, dem 1 Tropfen einer 5 proc. Cyankalilösung zugesetzt ist; Entwässern in absolutem Alkohol, Aufhellen in reinem Lavendelöl und Einschliessen in Canadabalsam. Die Nervenfasern sind jetzt von den groben markhaltigen bis zu den feinsten herab carminroth, die Ganglienzellen mit ihren Ausläufern tief schwarz gefärbt, so dass beide sich auf das Schärfste gegen einander abheben.

Die mit Hülfe dieser von Branca-Held'schen bez. Golgi'schen Doppelfärbung gewonnenen Resultate betreffen vorläufig die Ganglienzellen in der Rinde der Centralwindungen und der Umgebung der Fissura calcarina und bestehen im Wesentlichen in Folgendem:

1. Ein Zusammenhang der Protoplasmafortsätze mit dem nervösen Faserfilz konnte nirgends mit Sicherheit nachgewiesen werden; ausschliesslich die Axencylinderfortsätze zeigen diesen Zusammenhang.

2. Meist theilt sich der Axencylinderfortsatz wie an den Zellen der Spinalganglien T-förmig (Fig. 1—4), indem er sich vom Zellursprung aus continuirlich verschmächtigt und an der dünnsten Stelle („Hals“ Fig. 4 p) in zwei feine marklose, weiterhin sich mit Mark umhüllende Fasern spaltet, oder indem sich zwischen Hals und Theilungsstelle eine cylindrische bez. spindelförmige Anschwellung („Schaltstück“) einfügt (Figg. 1, 2, 3 a'). An Praeparaten aus den Occipitallappen (nur in dieser Region?) hängt der Axencylinder am Hals mit drei feinen Fäserchen bez. Schaltstücken zusammen (Fig. 5 x); indem dieselben ihrerseits sich wieder T- oder büschelförmig (Fig. 5 y) theilen, tritt ein Axencylinderfortsatz mit 8 und vielleicht noch mehr markhaltigen Fasern in Verbindung. — Im Gegensatz hierzu bleiben in den Centralwindungen die Axencylinderfortsätze öfters scheinbar ungetheilt; es muss vorläufig unentschieden bleiben, ob hier die Theilung erst in grösserer Entfernung von der Zelle sich vollzieht (vgl. die Figg. 6 und 7). Jedenfalls zeigen die grossen Pyramidenzellen der Centralwindungen einen anderen Verzweigungsmodus der Axencylinderfortsätze als die grossen Zellen der Occipitalrinde (verg. Figg. 4—5 mit Figg. 6 und 7!)

3. Die von Golgi, Nansen u. A. beschriebene Auflösung in feinste marklose Fäserchen wurde nicht mit Sicherheit beobachtet. Die meisten feinen Verzweigungen des Axencylinderfortsatzes umhüllen sich mit Mark und verknüpfen somit Ganglienzellen und markhaltigen Faserfilz.

4. Auch die markhaltigen Fasern des mittleren wie des oberflächlichen Horizontalplexus der Hirnrinde gehen aus Axencylinderfortsätzen hervor, indem sie rechtwinklig von den senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Gebilden dieser Art entspringen (Fig. 7 p').

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Figuren der Tafel sind (von Hrn. Held angefertigten) Schnittpraeparaten entnommen: Figg. 1—5 aus den Hinterhauptslappen, Figg. 6 u. 7 aus den Centralwindungen eines Mannes. p Hals des Axencylinderfortsatzes, a' Schaltstücke, zum Theil markhaltig.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1888—89.

XII. Sitzung am 3. Mai 1889.[1]

Hr. Blaschko hält den angekündigten Vortrag: „Ueber den Verhornungsprocess (II).

Um die morphologischen Veränderungen der Epidermiszelle während des Verhornungsprocesses zu studiren, ist eine genaue Kenntniss von der feineren Structur der jugendlichen, nicht verhornten Epidermis-Zellen erforderlich. Heitzmann, Ranvier, Cajal und Renaut haben denselben fibrilläre Structur zugeschrieben. Bei geeigneter Behandlung frischer Praeparate von menschlicher Haut — Chromsäurehärtung, leichte Alkoholnachhärtung, Untersuchung ungefärbter Schnitte in mit Wasser verdünntem Glycerin (keine Durchtränkung mit Celloidin oder Paraffin, keine Färbung, nicht Einbetten in Balsam) — wird der Aufbau der Retezellen aus einander kreuzenden Bündeln parallel verlaufender, nicht verzweigter, auf der einen Seite in die Zellen hinein-, auf der anderen wieder austretender, oft durch viele Zellen hindurch zu verfolgender Fibrillen deutlich kenntlich. Ausser diesen Fibrillen, die auf dem Querschnitte als Punkte erscheinen, ist sichtbar ein bläschenförmiger Kern mit Kernkörperchen in den Knotenpunkten der sich kreuzenden Bündel, sowie eine Intercellularflüssigkeit. Eine Zellmembran ist nicht zu erkennen, ebensowenig eine Kittsubstanz, welche die Fibrillen benachbarter Zellen verbindet. Eine interfibrilläre Substanz (Hyaloplasma, Paraplasma) ist nicht sichtbar, aber wahrscheinlich vorhanden. Mittels der oben angegebenen Untersuchungsmethode lässt sich zeigen, dass bei allen Horngebilden die fibrilläre Structur des Zellleibes sich durch alle Stadien des Verhornungsprocesses erhält. Die Körner des Stratum granulosum sind innerhalb der Fibrillen ausgeschiedene, reihenförmig angeordnete Tropfen oder Klümpchen einer festweichen Masse, welche dann wieder confluiren und im Stratum lucidum und corneum als intracelluläre Fibrillen wieder auftreten. Eine solche Ausscheidung von Tropfen findet nicht statt in der dem Stratum granulosum entsprechenden Schicht des Nagels; die Färbung derselben rührt her von der starken Lichtbrechung der zahlreichen feinen intracellulären Fibrillen, in denen eine eigenthümliche Sub-

---

[1] Ausgegeben am 7. Juni 1889.

stanz — das Onychin — diffus ausgeschieden ist. Im fertigen Nagel, sowie in der Haarrinde sind die Fibrillen ganz verhornt (unverdaulich in Pepsinsalzsäure), während im Stratum corneum der Epidermis die Fibrillen nicht aus echter Hornsubstanz bestehen können, da sie bei einem länger dauernden Verdauungsprocesse aufgelöst werden. Die weiteren histologischen Details, sowie die in der Sitzung vorgelegten Zeichnungen wird die demnächst erscheinende ausführliche Mittheilung enthalten.

XIII. Sitzung am 17. Mai 1889.[1]

1. Hr. Goldscheider beendigt den angekündigten, in der vorigen Sitzung begonnenen Vortrag: „Ueber den Muskelsinn".

Die mannichfachen und complexen Sinnesleistungen, welche man unter dem Begriff „Muskelsinn" zusammenfasst, lassen sich auf gewisse Elemente zurückführen. Als ein solches ist zunächst die Bewegungs-Empfindung zu betrachten, deren Substrat die Gelenk-Sensibilität ist, wie sich mittels des Hypaesthesie erzeugenden faradischen Stromes zeigen lässt. Dass die gegenseitige Verschiebung der Gelenkenden in der That eine Empfindung erzeugt, welche in uns unmittelbar die Vorstellung des Bewegtwerdens entstehen lässt, ohne dass es einer Vergleichung der Anfangs- und Endlage bedarf, wird durch folgende Momente wahrscheinlich gemacht: Die Bewegungsempfindung wird mit der Geschwindigkeit der Bewegung deutlicher und kommt schon bei Bewegungen von so kurzer Dauer zu Stande, dass innerhalb derselben ein complicirterer psychischer Process, wie ihn die Differencirung aus verschiedenen Lagewahrnehmungen darstellen würde, sich nicht wohl abgespielt haben kann. Ferner haben sich die ein eben merkliches Bewegungsgefühl ergebenden Gelenkdrehungen als so ausserordentlich klein herausgestellt, dass die entsprechende Anfangs- und Endlage als solche sehr wahrscheinlich gar nicht von einander unterschieden werden könnten. Ferner wird bei einer gewissen Grösse von Excursion, bei welcher die Bewegungsempfindung schon deutlich ist, die Richtung der Bewegung noch unsicher wahrgenommen. Endlich kann mittels des faradischen Stromes die Lagewahrnehmung aufgehoben werden, während die Bewegungsempfindung noch besteht, nämlich wenn derselbe hauptsächlich den distal vom Gelenke gelegenen Gliedabschnitt durchsetzt. Der Schwellenwerth der Bewegungsempfindung, d. h. die zur Erzeugung einer solchen nothwendige Amplitude der Gelenkdrehung sowie der Einfluss der Winkelgeschwindigkeit dieser Bewegung und der Gelenkstellung und Gliedhaltung auf denselben wurde an den Gelenken des Zeigefingers, der Hand, dem Ellbogen-, Schulter-, Hüft-. Knie- und Fussgelenk in grösseren Versuchsserien ermittelt, deren Resultate zur Zeit ausführlich veröffentlicht werden.

Wenn man den Einfluss der peripherischen Sensibilität auf die Wahrnehmung gehobener Gewichte und die hierbei zu Grunde liegenden Empfindungselemente ermitteln will, so ist es zunächst erforderlich, eine einfache Anordnung zu treffen. Eine Extremität ist als eine Reihe beweglicher Segmente zu betrachten, von welchen jedes einzelne für sich der Schwerkraft folgt und durch Muskelzug

---

[1] Ausgegeben am 24. Mai 1889.

aequilibrirt werden muss. Wird mit einer solchen Reihe ein Gewicht gehoben, so erstreckt sich die Wirkung desselben nothwendig auf jedes einzelne Segment und es bedarf daher einer vielfachen Muskelleistung. Es wurden daher Anordnungen getroffen, um die Hebung nur mittels eines einzigen Segmentes auszuführen. Hierbei ergab sich ein bemerkenswerther Unterschied der Empfindung gegenüber der üblichen mehrgliedrigen Hebung. Wenn man ein an einem Faden befindliches Gewicht eingliedrig abhebt, so fühlt man nur, wie die vorher leichte Bewegung schwerer wird, ohne den Eindruck eines ausserhalb vorhandenen schweren Objectes zu gewinnen. Bei mehrgliedrigem Abheben dagegen nimmt man sehr deutlich wahr, wie das bewegte Glied in einem bestimmten Moment auf einen Widerstand stösst und projicirt dann beim Abheben die Schwere-Empfindung nach aussen. Der Unterschied tritt besonders deutlich hervor, wenn unter beiden Bedingungen das Druckgefühl der Haut an der Angriffsstelle des Gewichtes durch eine passende Vorrichtung möglichst vermindert wird. Jedoch kann bei einer gewissen Art der Bewegung auch eingliedrig ein deutliches Gefühl des Widerstandes producirt werden: nämlich wenn man vor dem Anheben die Bewegung beschleunigt und ihre Excursion zugleich so einrichtet, dass sie kurz nach dem Anheben zu Ende geht. Die Bedingungen, unter welchen das Gefühl des Widerstandes entsteht, wurden nun untersucht und es zeigte sich, dass dasselbe gleichfalls an die Gelenk-Sensibilität gebunden ist und durch den gegenseitigen Druck der Gelenkflächen aufeinander hervorgebracht wird, während speciell die Sensibilität der Angriffsstelle des Widerstandes irrelevant ist. Die Widerstandsempfindung kann ebensowohl durch einen von aussen fortgeleiteten Druck oder Stoss wie durch Muskelcontraction, welche nothwendig auch auf das Gelenk wirkt, producirt werden. Es scheint, dass eine gleichzeitige Verschiebung der Gelenkenden das Widerstandsgefühl beeinträchtigt. Beim mehrgliedrigen Heben nun sind die haltenden Gelenke, d. h. die distal vom bewegenden Gelenk gelegenen, die Träger der Widerstandsempfindung, welche durchaus verschieden von der auch bei eingliedrigem Heben vorhandenen Schwere-Empfindung ist, jedoch offenbar die Objectivirung der letzteren wesentlich unterstützt. Auch die Schwer-Empfindung zeigte sich unabhängig von der Sensibilität der Angriffsstelle des Gewichts. Sie wurde dagegen herabgesetzt, wenn die Anaesthesie einen grösseren Theil des bewegenden Gliedes umfasste, bei weitem am meisten aber, wenn das Gelenk, in welchem die Bewegung stattfand, in die grösste Stromdichte gelangte. Eine wesentliche Betheiligung der Muskel-Sensibilität an der Schwere-Empfindung kann durch die Versuche ausgeschlossen werden, aber auch das Gelenk scheint nicht das Substrat derselben zu sein, sondern die Sehnen, und zwar dürfte die Spannung derselben den Reizvorgang bilden.

Es fragt sich nun, ob die genannten von der Peripherie herstammenden Erregungen genügen, um in uns die Vorstellung der Schwere und des Widerstandes entstehen zu lassen, oder ob es hierzu noch eines centralen Vorganges, durch welchen wir über den Betrag der aufgewendeten Innervationsintensität unterrichtet werden, bedarf. Es sind nun folgende Momente hervorzuheben, welche die Annahme einer Innervations-Empfindung als unberechtigt hinstellen:

1. Bernhardt hat nachgewiesen, dass die Schwere-Empfindung keineswegs aufgehoben wird, wenn die Hebung des Gewichts nicht willkürlich, sondern durch den elektrischen Strom geschieht. Ich selbst kann den Versuch vollauf bestätigen. Bernhardt's Bedenken, dass das Vorhandensein der Druckempfindung

den Versuch trübe, erledigt sich dadurch, dass die Druckempfindung (s. oben) irrelevant ist. Man erhält dasselbe Resultat, wenn man die hebende Bewegung auf dem Wege des Reflexes (Patellar-Reflex) hervorruft.

2. Wenn man einen Glied-Abschnitt aequilibrirt, so dass die Vorstellung besteht, dass derselbe ganz seiner Schwere überlassen und durch keine Muskelkraft gehalten werde, so zeigt sich, dass dennoch nach einer gewissen Zeit das Glied sinkt und ein grösseres Gewicht zur Aequilibrirung nothwendig wird; ferner, dass unter ganz gleichen Bedingungen und gleichem subjectiven Eindruck der Passivität ein ungleicher Druck von Seiten des Gliedabschnittes ausgeübt wird. Aehnlich eine Beobachtung Delboeuf's (citirt bei G. E. Müller und Schumann: Ueber die psychologischen Grundlagen der Vergleichung gehobener Gewichte. S. 63). Dies spricht sehr wenig dafür, dass wir eine genaue Empfindung von der aufgewandten Innervationsstärke haben.

3. An einigen Gelenken wurde auch für die activen Bewegungen das Minimum perceptibile untersucht. Dasselbe wurde von einer Höhe gefunden, welche den besten Werthen der passiven Bewegungen entsprach. Es zeigte sich, dass man auch activ untermerkliche Bewegungen ausführen kann, sowie dass bei Faradisation des Gelenkes die eben merkliche Excursion in demselben Maasse wie bei passiver Bewegung vergrössert wird.

4. An der Wahrnehmung der Lage und Haltung eines Gliedes sind Innervationsempfindungen sicher nicht betheiligt, da dieselbe durch peripherische Faradisation nahezu aufgehoben werden kann.

5. Wenn man ein an einem Faden gehaltenes Gewicht senkt, bis es zum Aufsetzen gelangt, so fühlt man in diesem Moment Widerstand; setzt man die Abwärtsbewegung fort, so hat man, falls das Gewicht von genügender Grösse war, eine Schwere-Empfindung, welche sich darin äussert, dass man die Vorstellung erhält, auf ein elastisches, federndes Medium einzudringen. Diese Empfindung ist dadurch bedingt, dass die Muskeln, welche vorher das Gewicht aequilibrirten, sich nach der Entlastung noch im Zustande vermehrter Spannung befinden und die Hand bei der Abwärtsbewegung somit den Widerstand ihrer eigenen Muskeln zu überwinden hat. Wenn nun bei der Wahrnehmung von Schwere und Widerstand eine Innervationsempfindung betheiligt wäre, so könnte dies nur so gedacht werden, dass uns die den sämmtlichen betheiligten Muskeln, also auch den Antagonisten, zufliessenden Innervationen in Form eines Aggregates von Empfindungen zum Bewusstsein kommen; es müsste daher in diesem Specialfall die bestehende antagonistische Spannung in dem Aggregat vertreten sein und es dürfte somit nicht zu der beschriebenen Täuschung, als sei ausserhalb ein Widerstand leistendes Medium vorhanden, kommen.

Da also eine Innervations-Empfindung nicht annehmbar erscheint, so stammen die den Vorstellungen der Schwere und des Widerstandes zu Grunde liegenden Empfindungen lediglich von der Peripherie. Auf Grund gewisser, hier nicht näher zu besprechender Associationen werden sie in den äusseren Raum verlegt. Die Vorstellung, dass eine gewisse Bewegung durch unseren Willen erzeugt wird, entsteht dadurch, dass die von der Peripherie zugeleiteten Bewegungsempfindungen mit einem in unserem Sensorium unmittelbar vorher abgelaufenen entsprechenden Bewegungsbild zusammentreffen. Die Vorstellung von einer gewissen aufgewendeten bezw. aufzuwendenden Kraft entsteht durch die von der Peripherie zugeleiteten Empfindungen von der Ausgiebigkeit und Geschwindig-

keit der Bewegung, der Schwere und der Widerstände bezw. der Erinnerungsbilder solcher Sensationen.

Die Untersuchungen sind in der unter Leitung von Hrn. Professor Gad stehenden speciell-physiologischen Abtheilung des physiologischen Instituts angestellt.

XIV. Sitzung am 31. Mai 1889.[1]

Hr. Dr. SAUERMANN (a. G.) hält den angekündigten Vortrag: „Ueber die Wirkung organischer Farbstoffe auf das Gefieder der Vögel bei stomachaler Darreichung."

Vor länger als einem Jahrzehnt kamen auf deutsche Vogelausstellungen Kanarienvögel, die durch Fütterung mit Cayennepfeffer roth gefärbt waren. Diese rothen Vögel erregten natürlich ungeheures Aufsehen, wurden anfangs mit fabelhaften Preisen bezahlt, werden zwar heute noch beachtet, kommen aber, weil die Züchtung nicht mehr recht lohnt, wenig mehr auf den Markt.

Es dürfte interessiren, eine Beschreibung der Zucht dieser Vögel hier zu geben. Das Verfahren stammt aus England, von wem es entdeckt wurde, ist mir unbekannt. Vorausschicken muss ich zunächst, dass man bei den Kanarienvögeln sehr viele Rassen unterscheidet, von meistens ganz hervorragend äusserlichen Kennzeichen. Ein Theil derselben ist auf die Feder gezüchtet, wie z. B. der Norwichvogel, bei welchem mehr auf das Aussehen, auf das schöne Gefieder, Zeichnung u. d. m. gegeben wird; ein anderer Theil ist auf den Gesang gezüchtet, wie z. B. der Harzer Kanarienvogel; hierbei spielt das Aussehen des Vogels keine Rolle, die Pflege des Gefieders ist vernachlässigt. Von diesen Rassen eignen sich am besten für die Farbenfütterung die ersteren, also diejenigen, die auf die Feder gezüchtet sind; nur diese werden hochroth, während die Harzer Kanarienvögel kaum ein schönes Orange erreichen; nur der Riesenkanarienvogel von Manchester konnte bis jetzt durch Cayennepfeffer nicht gefärbt werden.

Die Verfärbung des Gefieders von gelb zu orange und roth wird durch Cayennepfeffer erzielt. Cayennepfeffer oder Paprika kommt als feines gelbrothes oder rothes Pulver in den Handel, das aus den Schoten der Pfefferpflanze, Capsicum annuum, dargestellt wird, und eine sehr verschiedene Zusammensetzung zeigt, je nachdem die Schotenhülsen allein oder mit den Körnern zusammen verwendet worden sind. Der rothe Farbstoff, das Capsicin, ist nur in den Schotenhülsen vorhanden, während das Piperin, der beissende Stoff, mehr in den Körnern sitzt; deswegen sind auch diejenigen Sorten von Cayennepfeffer, bei denen nur die Schoten verwendet worden sind, ganz besonders zur Farbenfütterung geeignet.

Um den Farbstoff des Cayennepfeffers auf das Gefieder der Vögel zu übertragen, verfährt man einfach folgendermaassen: Man füttert entweder die Jungen, wenn sie selbständig geworden sind, mit Cayennepfeffer, den man unter Eigelb und Semmel mischt, oder man reicht den Pfeffer schon den alten Vögeln, so

[1] Ausgegeben am 7. Juni 1889.

dass sie während der Brutzeit die Jungen damit füttern. Die Pfefferfütterung wird nur so lange fortgesetzt, bis die Mauser zu Ende ist, denn der Farbstoff wird nur auf die Feder übertragen, so lange dieselbe noch nicht fertig gebildet ist. Es ist natürlich leicht einzusehen, dass die Färbung erst nach wiederholter Nachzucht und Cayennepfefferfütterung in voller Schönheit erreicht wird. Nach der Mauser bleiben die Vögel den ganzen Winter hindurch gefärbt, auch wenn man während dieser Zeit keinen Farbstoff mehr giebt, dagegen werden die Vögel nach der folgenden Mauser wieder gelb, wenn nicht schon vor derselben Cayennepfeffer gereicht wird.

Feuchte Luft begünstigt die Färbung, directes Sonnenlicht und Kälte üben nachtheiligen Einfluss.

Soviel war bis vor einigen Jahren bekannt, als ich durch die Zeitschrift des Hrn. Dr. K. Russ, 'Die gefiederte Welt', auf die Sache aufmerksam wurde; natürlich hatte für mich diese hoch interessante Thatsache ganz besonderen Reiz, da ich einerseits immer grosses Interesse für die Ornithologie empfand, andererseits als Chemiker in der Lage war, die ganze Entdeckung etwas weiter zu verfolgen.

Zunächst begann ich damit, die Bestandtheile des Cayennepfeffers näher zu studiren; ich will hier nur diejenigen anführen, die für diese Untersuchungen in Betracht kommen; dieselben sind folgende:

8—10 % Piperin, bestimmt nach der Methode von Cazeneuve und Caillol,
27 % alkoholischer Extract, im Mittel,
4 % Capsicin, rother Farbstoff, im Mittel.

Die Zahlen beziehen sich nur auf solche Sorten von Cayennepfeffer, zu denen die ganze Frucht verwendet wurde.

Das Piperin spielt bei der Färbung der Vögel kaum eine Rolle.

Der alkoholische Extract besteht zur Hälfte aus Triolein, dann aus Piperin, Capsicin, wenig Anciden u. s. w. Das Triolein, ich muss auf dieses näher eingehen, da es, wie wir unten sehen werden, bei der Färbung der Vögel von ganz besonderer Bedeutung ist, wurde nachgewiesen nach folgender Methode: Der alkoholische Extract wurde nach Zusatz von Kalihydrat verseift, nach längerem Kochen eingedampft, der Rückstand mit Wasser aufgenommen, durch essigsaures Blei im Ueberschuss die Bleisalze dargestellt, dieselben eingetrocknet, mit Aether extrahirt; dabei löst sich das oleinsaure Blei. Aus der aetherischen Lösung wurde nun mit Salzsäure das Blei gefällt, die Aetherlösung abgegossen, eingedampft und das gewonnene Oel mit salpetriger Säure versetzt, dasselbe wurde dadurch fest, also in Elaidinsäure verwandelt, eine charakteristische Reaction auf Oleinsäure.

Zur Bestimmung des Capsicins wurde Cayennepfeffer längere Zeit mit 60 procentigem Alkohol in der Wärme behandelt, so lange, bis das Filtrat kein Piperin mehr enthielt, ein Tropfen auf die Zunge keinen Piperingeschmack mehr gab; durch den Alkohol ging nun in Lösung: Piperin, Triolein und Anderes, während der Farbstoff mit sehr wenig Fett zurückblieb. Aus dem Rückstand wurde nun durch absoluten Alkohol das Capsicin gewonnen. Natürlich ist die Methode nicht ganz genau, sie gewährt aber einen Anhaltspunkt, wie viel ungefähr der Cayennepfeffer Farbstoff enthält.

Von den gewonnenen Bestandtheilen des Cayennepfeffers kamen zur weiteren Verwendung folgende in Betracht:

1. Der durch absoluten Alkohol erhaltene Extract; derselbe wurde noch nicht verfüttert.

2. Der mit 60 procentigem Alkohol behandelte Rückstand, der zwar den Farbstoff, aber kein Triolein und Piperin mehr enthielt.

3. Das Capsicin.

Es musste von Interesse sein, die mit 60 procentigem Alkohol behandelte Substanz an Kanarien zu verfüttern, zumal, da sie nicht den geringsten beissenden Geschmack mehr besass und in Folge dessen auch von den Vögeln lieber genommen wurde, als der Cayennepfeffer. Die grössere Menge von Farbe, die man hier geben konnte, durfte eine schnellere Färbung des Gefieders erwarten lassen.

Allein das Resultat war ein ganz anderes, als ich erwartet hatte, die gelben Kanarien wurden hier, trotzdem der ganze rothe Farbstoff vorhanden, nicht im Mindesten in der Weise beeinflusst, wie vom Cayennepfeffer selbst. Keine Spur von Farbe in den gelben Federn. Bei bunten Vögeln dagegen wurden die braunen Theile des Gefieders so licht gefärbt, dass die Federn dort vollständig isabellfarbig wurden. Immer zeigte sich diese Erscheinung bei Nachkommen von Mischlingen des Hänflings mit dem Kanarienvogel. Von diesen Vögeln habe ich bis jetzt circa ein Dutzend gezüchtet, bei denen das isabellfarbige Gefieder die verschiedensten Nüancen zeigte.

Der Beweis, dass hier das ursprünglich braune Gefieder durch Spuren von Farbstoff fahler oder lichter gefärbt wurde, ergiebt sich von selbst, wenn man diese Vögel während der Mauser nicht mehr mit der rothen Substanz füttert, in diesem Falle tritt die braune Farbe wieder an die Stelle der Isabellfarbe, oder man setzt die Isabellkanarien längere Zeit dem Sonnenlicht aus, wodurch die Spuren Farbe bald ausgebleicht werden und das Gefieder braun wird.

Die Versuche wurden drei Jahre nacheinander gemacht und sind in der 'Gefiederten Welt' veröffentlicht worden. Einige Exemplare wurden Hrn. Dr. K. Russ vorgelegt. Weiter unten werde ich noch einmal auf diese Sache zurückkommen, da andere Versuche mit Cayennepfeffer die Erklärung zu diesen Resultaten gegeben haben.

Nun hat Hr. Dr. K. Russ bei verschiedenen Gelegenheiten darauf aufmerksam gemacht, einmal die Wirkung des Capsicins bei anderen Vögeln zu versuchen. Bei grösseren Vögeln musste dieses Studium um so interessanter sein, weil dort eher die Möglichkeit gegeben war, den Farbstoff auf seinem Wege durch den Organismus zu verfolgen.

Ich habe deshalb vor einem Jahre ein Dutzend weisser Italienerhühner mit Cayennepfeffer gefüttert. Die Hühner hatten ein Alter von acht Wochen, als ich mit der Farbenfütterung begann; drei ältere, bunte Hühner bekamen den Cayennepfeffer mit, weil ich sie nicht absperren konnte. Neben Mais und Hafer wurde den Hühnern täglich Vormittag 25 ^{grm} und Nachmittag 25 ^{grm} Cayennepfeffer, unter angefeuchtetes Brot mit Kartoffeln gemischt, gereicht. Das scharfe Gemenge wurde mit Vorliebe genommen, die Hühner schienen nicht sehr empfindlich gegen Piperin zu sein. Nach der Mahlzeit, das Pfeffergemenge wurde zuerst aufgezehrt, entstand allgemeines Schütteln des Kopfes, dann gings schleunigst zum Wasser, unter wiederholtem Niesen wurde der Durst gelöscht, und dann erst wurden die Körner aufgesucht. Mit wenigen Ausnahmen frassen die Hühner den Pfeffer immer gleich gern.

Am zehnten Tag der Pfefferfütterung wurden bei einem weissen Huhn die ersten gelbrothen Federn auf der Brust bemerkt. Zwei gelbrothe Streifen liefen, von der unteren Schnabelgegend ausgehend, in gleichmässigen Linien, welche nach dem Bauche zu sich erweiterten, über die ganze Brust hinab. Einige Tage darauf wurde der Spiegel gelbroth.

Ein zweites weisses Huhn erhielt nach drei Wochen dieselben gelbrothen Streifen auf der Brust. Im Laufe der Zeit färbte sich beim ersten Huhn die Brust immer tiefer, auf dem ganzen Körper erschienen gelbrothe Federn untermischt mit weissen, nach vollendetem Wachsthum war das Huhn an der Brust und an dem Spiegel roth, am ganzen übrigen Körper gelbroth. Das zweite Huhn blieb weiss mit rother Brust.

Die anderen jungen Hühner wurden durch Cayennepfeffer nicht gefärbt, obwohl sie von derselben Rasse waren. Es scheinen hier einzelne Individuen mehr zur Aufnahme des Farbstoffes disponirt zu sein, während beim Kanarienvogel sich ganze Rassen zur Farbenfütterung eignen. Oder erklärt man sich die Sache so, dass die weissen Hühner erst allmählich aus bunten entstanden, diese beiden Hühner von Eltern herstammten, die noch bunt waren, während die anderen nicht gefärbten, vielleicht schon mehr weisse Ahnen zu verzeichnen hatten. Die Bruteier waren von einem Händler gekauft, der ganze Wagenladnngen dieser Hühner aus Ungarn eingeführt hatte, unter diesen Hunderten waren bunte.

Die Füsse wurden bei sämmtlichen Hühnern orange. Es lässt sich daraus das Capsicin entfernen, wenn man den ganzen Fuss längere Zeit in absoluten Alkohol legt und dann mit Aether extrahirt, hierbei bleibt der ursprüngliche gelbe Farbstoff zurück, das Capsicin geht in Lösung.

Auch Wetterpropheten haben wir in den beiden Farbenhühnern vor uns. Feuchte Luft lässt das Gefieder schön roth erscheinen; während die Federn bei trockenem Wetter immer wenig gefärbt sind, zeigen dieselben einen bevorstehenden Umschlag der Witterung schon viele Stunden vorher dadurch an, dass sie eine auffallend lebhafte Farbe annehmen. Besonders deutlich treten die Farbenschwankungen an den Füssen hervor. Natürlich sind auch diese Wetterpropheten, wie alle anderen unzuverlässig, zu einseitig dadurch, dass sie heiteres Wetter nicht vorausbestimmen; die Sonne muss längere Zeit gewirkt haben, bis die Farbe nachlässt.

Bei den Federn hat es den Anschein, als wenn der Farbstoff beweglich wäre. Wenn bei trockener Luft die Spitzen der Federn wenig gefärbt erscheinen, sind die inneren, von den Spitzen bedeckten Theile immer schön roth.

Das Capsicin in den Füssen und den Federn wird durch äussere Einflüsse, Sonnenlicht, Kälte, vielleicht auch durch Sauerstoff allmählich gebleicht. Die Hühner haben den Winter durch viel Farbstoff verloren, während die bedeckten Theile der Federn noch jetzt gut gefärbt sind, ist der Farbstoff in den Spitzen ziemlich stark ausgebleicht. Da man die Hühner nicht, wie Kanarien vor Witterungseinflüssen schützen kann, leidet der Farbstoff bei diesen im Winter mehr; neues Capsicin kann nicht zugeführt werden, da die fertigen Federn nichts mehr aufnehmen. Ueber die Bleichung des Capsicins werden noch Versuche gemacht.

Die alten Hühner wurden auch während der Mauser nicht im Geringsten vom Cayennepfeffer im Gefieder beeinflusst. Um so interessanter war bei diesen das Auftreten des Farbstoffes im Ei, aber nur im Eigelb. Ohne weitere Unter-

suchungen liess sich hier der Farbstoff erkennen, das Eigelb war so hochroth gefärbt, wie es niemals bei gewöhnlichen Hühnereiern vorkommen kann. Zunächst zeigte sich aber noch eine andere, auffallende Erscheinung, der Dotter war kaum hart zu kochen. Natürlich bin ich dahinter nur zufällig gekommen, da zwei Hühner meinen Eierbedarf nicht deckten, wurden immer andere dazu gekauft und beim Kochen stellte sich dann heraus, dass die Eier von Farbenhühnern immer noch weiche Dotter hatten, wenn die von anderen schon ganz hart waren. Versuche, die darüber angestellt wurden, ergaben, dass zehn Minuten langes, scharfes Kochen nicht ausreichte, das Eigelb dieser Eier vollkommen hart werden zu lassen, es drängt sich dann meistentheils der Farbstoff in ölige, zellenartige Ringe zusammen. Wie sollte man sich die ganze Erscheinung erklären? Offenbar ist die Zusammensetzung des Dotters eine andere geworden; die Fette scheinen in einem anderen Verhältniss als gewöhnlich vorhanden zu sein. Zuerst glaubte ich, dass eine Vermehrung des Dotterfettes stattgefunden hätte, aber wie dies beweisen? Der Fettgehalt (Aetherextract) des Eigelbs schwankt bei gewöhnlichen Eiern schon zwischen 62 und 68 Procent der Trockensubstanz, eine Differenz, die nur von der verschiedenen Ernährung der Hühner herrühren kann; bei den Farbenhühnern steigt der Fettgehalt des Eies auch nicht über 68 Procent. Es dürfte hier also nur eine Vermehrung des flüssigen Fettes, des Trioleïns, stattgefunden haben, zu Ungunsten der beiden anderen vorhandenen Fette, des Tripalmitins und Tristearins. Beweise dafür können nur durch quantitative Bestimmungen der einzelnen Fette des Dotters erbracht werden, und diese erfordern leider mehr Zeit, als ich überhaupt zu den ganzen Versuchen übrig habe.

Bemerken muss ich weiter, dass man bei längerem Extrahiren des bei 100° C. getrockneten Eigelbes mit Aether einen rothen Rückstand bekommt, während das gleicherweise behandelte Eigelb gewöhnlicher Hühnereier farblos ist. Es bleibt ein Theil Capsicin an Eiweiss gebunden zurück, während ein anderer Theil mit dem Fett in Lösung geht, der Aetherextract ist auch roth. Die Bindung des Farbstoffes durch Eiweiss erfolgt beim Trocknen bei 100° C. und ist so stark, dass gewöhnliche Lösungsmittel denselben nicht mehr ausziehen.

Interessant sind die Versuche, die mit Theerfarben in dieser Richtung angestellt wurden, z. B. wird Methyleosin in wässeriger Lösung durch Kochen mit Eieralbumin von demselben so fest gebunden, dass keine Spur Farbstoff durch Alkohol in Lösung geht, auch nicht bei anhaltendem Erhitzen.

Einen gelungenen Versuch über die Aufnahme des Farbstoffs in den Eidotter muss ich noch erwähnen:

Am 23./4. 89. erhielt ein Huhn im Käfig 5 ^{grm} Cayennepfeffer.

Erstes Ei vom 24. enthält kein Capsicin.

Zweites Ei vom 25. kein Capsicin.

Drittes Ei vom 27. zeigt nach dem Kochen an der Aussenseite des Dotters einen 2 ^{mm} breiten rothen Rand.

Viertes Ei vom 28. einen 4 ^{mm} breiten rothen Rand.

Fünftes Ei vom 30. hat in der Mitte des Dotters nur noch einen kleinen hellgelben Punkt.

Sechstes Ei vom 1. 5. hochroth durch und durch.

Das Huhn bekam während der ganzen Zeit täglich 5 ^{grm} Cayennepfeffer. Man sieht aus diesem Versuch, wie der Farbstoff ziemlich schnell in den Dotter

gelangte, so dass am 9. Tage der Farbenfütterung das Eigelb vom Capsicin schon ganz durchdrungen war.

Eine Vermehrung des Trioleïns soll im Eigelb stattgefunden haben.

Nun muss ich noch einmal auf die Isabellkanarien zurückkommen und Weniges wiederholen. Der Cayennepfeffer ist, wie erwähnt, sehr reich an Fett, hauptsächlich an Trioleïn; dieses wird ihm durch anhaltendes Erwärmen mit 60 Procent Alkohol, wie oben erwähnt, entzogen. Nun habe ich ferner mitgetheilt, dass die so extrahirte Substanz, obwohl sie noch allen Farbstoff enthält, die Kanarien nicht mehr roth färbt; hier muss ich weiter anführen, dass diese Wirkung durch einen Zusatz von Sonnenblumenöl wieder hergestellt wird. Das Sonnenblumenöl enthält aber viel Trioleïn und darin löst sich der Farbstoff.

Wir wissen demnach, dass das Trioleïn bei der Färbung des Gefieders die Hauptrolle spielt. Wo kein Trioleïn, da kein Farbstoff oder nur Spuren.

Das Eiweiss der Hühnereier z. B. enthält nur Spuren von Fett; deshalb ist dort kein Farbstoff; derselbe geht vielmehr mit dem Oel nach dem Eigelb. Die Federn der Hühner sind sonst arm an Fett, sie werden leicht nass, bei den Farbenhühnern ist dies aber anders; dieselben können sich schon ziemlich lange im Regen aufhalten, bis die Federn Wasser aufzunehmen im Stande sind.

Auf chemischem Wege den Beweis zu erbringen, dass ich richtig beobachtet habe, dürfte ziemlich schwierig sein, viel schneller hoffe ich, durch vergleichende Versuche mit Theerfarben zum Ziele zu kommen, deshalb habe ich eine Reihe von Versuchen mit Anilinfarben angestellt, wozu übrigens Hr. Dr. K. Russ schon zu der Zeit, als die ersten rothen Kanarien erzielt wurden, wiederholt anregte.

Diese Versuche mit den Theerfarben sind theilweise schon seit December 1888 im Gange; es würde zu weit führen, die Vorgänge bei den einzelnen Farben zu schildern, und so beschränke ich mich heute auf eine kurze übersichtliche Darstellung des Ganzen.

Diejenigen Farben, die in Wasser oder Soda löslich waren, wurden im Trinkwasser, die anderen mit Weichfutter gemischt, gegeben. Auch hier wurde die Erfahrung gemacht, dass die alten Vögel nicht im Geringsten im Gefieder beeinflusst wurden; bei den Jungen, soweit ich bis jetzt welche erzielt habe, gelangten kaum Spuren von Farbstoffen nach den Federn. Nur bei den Kanarien, die Carmin bekamen, wurde etwas mehr Farbstoff in die Federn aufgenommen, die Jungen wurden weiss. Der Vorgang erklärt sich hier leicht, wenn man bedenkt, dass die Federn schwach alkalisch reagiren (Reaction mit Phenolphtalein), Carmin in alkalischer Lösung violet gefärbt ist und violet und gelb nach der Farbenlehre weiss giebt.

In den Eiern wurden bei sämmtlichen Versuchen keine Farbstoffe gefunden.

Bei dem Versuch mit Methyleosin und Tauben wurde Farbstoff im Blute nachgewiesen. Durch Alkohol, Aether u. s. w. war das Methyleosin aus dem getrockneten Blute nicht auszuziehen, konnte aber nach folgender Methode isolirt werden. Das geronnene Blut wurde direct mit alkoholischen Ammoniak gekocht, die Lösung abgegossen, erkalten gelassen, mit einem Ueberschuss von Aether versetzt, wobei Eiweiss mit einem Theil Blutfarbstoff niedergerissen wird, das Filtrat mit Kalkmilch eingedampft, mit absolutem Alkohol der Rückstand ausgewaschen, wobei sich die kleinen Mengen von Blutfarbstoff, die noch da sind, und sonstige Verunreinigungen lösen und das Methyleosin an Calciumhydroxyd gebunden zurückbleibt, von dem es dann durch Auskochen mit Wasser und Ein-

leiten von Kohlensäure getrennt werden kann. Obwohl im Blute aller jungen Tauben, bis jetzt wurden acht Stück untersucht, Methyleosin gefunden wurde, blieb jegliche Färbung des Gefieders aus.

Seit dem 15. Mai gebe ich Methyleosin in verdünntem Glycerin; eine junge Taube, die schon 14 Tage alt war, als sie den Farbstoff mit diesem Lösungsmittel bekam, wurde im Gefieder zart rosa, weiss blieben die grossen Schwung- und Steuerfedern. Man sieht also, dass hier dieselben Verhältnisse wie beim Cayennepfeffer vorliegen, dass Farbstoffe nur in Fetten gelöst auf das Gefieder wirken. Das Glycerin scheint, wenn es sich in Fett umsetzt, einen Theil Farbstoff mitzunehmen, den es dann vor weiterer Zerstörung schützt. Aber auch damit werde ich kaum solche vollständig gelungenen Resultate, wie sie beim Cayennepfeffer erzielt wurden, erreichen; ich muss darum zum Triolein zurückkehren.

Die ganze Arbeit wäre nun höchst einfach, wenn sich die Theerfarben so ohne Weiteres im Triolein lösen möchten; das scheinen sie aber nicht zu thun, wenigstens diejenigen nicht, die ich darauf hin untersucht habe; zum Glück kann man sie aber indirect im Triolein in Lösung bringen, wenn man Glycerin mit dem Farbstoff sättigt, die nöthige Menge Oleinsäure zusetzt und einige Zeit auf 240° erhitzt; da hierbei Triolein entsteht, behält dasselbe gleich den Farbstoff in Lösung; denselben nun wieder von Fett zu trennen, dürfte ein kleines Kunststückchen für den Chemiker sein. Die Verdauungsapparate bekommen dies aber erst recht nicht fertig, wie sie beim Capsicin gezeigt haben.

XV. Sitzung am 14. Juni 1889.[1]

Hr. VON OPENCHOWSKI (a. G.) hält den angekündigten Vortrag: „Ueber Centren und Leitungsbahnen für die Musculatur des Magens."

Der Vortragende beginnt den Bericht über seine langjährigen, viele Hunderte von Versuchen umfassenden Arbeiten mit Beschreibung seiner Methoden. Eine elastische Sonde wird in den Oesophagus eingeführt, und zwar vom Magen aus; eine am Ende sich befindende Kugel dient zur Befestigung im Oesophagus mit einem an derselben sich befindenden Bläschen; in dieser Weise wird das Bläschen in seiner Mitte durch die Cardia oder durch den Pylorus (hier Einführung durch Duodenum oder Magenhöhle) umschnürt. Füllt man jetzt durch die doppelte Canüle das Bläschen mit Wasser und verbindet dann ein Glasröhrchen mit einer Marey'schen Trommel, so bekommt man bei jeder Druckveränderung an der Cardia oder am Pylorus aufgeschriebene Curven, in welchen ein Sinken der Curve nach unten eine Contraction, ein Erheben derselben nach oben eine Dilatation bedeutet. Für den Magen selbst kann mau grössere Blasen oder die Magenwand selbst, als solche, benutzen, indem man die beiden Magensphinkteren durch Zuschnüren oder durch Durchtrennung aus dem Spiel bringt. So einfach diese Sache jetzt erscheint, so gelang es doch nur nach grosser Mühe die registrirende Methode in dieser Form darzustellen, denn wie es immer in solchen Sachen geht, man fängt mit dem Complicirtesten an. Was

[1] Ausgegeben am 2. August 1889.

diese Methode leisten kann, zeigen die dadurch erhaltenen Curven. Hat man sich in dieselbe erst hineingearbeitet, so giebt sie die praecisesten Resultate; sie ist bei den kleinsten Druckschwankungen empfindlich, Zweideutigkeiten sind ausgeschlossen. Der Vortragende hat einen ad hoc am Hunde angestellten Versuch Hn. Professor Gad demonstrirt, welcher sich persönlich von dem Gesagten überzeugen konnte.

Ein grosses Thieropfer ist erforderlich gewesen, um über die Frage der Innervation des Magens, dann über die des Erbrechens, und endlich über die pharmakologische Seite der Brechmittel, sowie auch über das vermuthete Brechcentrum genügende Daten zu sammeln. Dies kann nur denjenigen wundern, der gewöhnt ist, sich mit leicht lösbaren Fragen zu beschäftigen, oder welcher die Schwierigkeiten der Untersuchungen der glatten Musculatur nicht kennt und über den Stand dieser Frage nicht orientirt ist. Der Umstand, dass jahrelange Arbeit und, wie seiner Zeit S. Mayer gesagt hat, „Hekatomben von Thieren" erforderlich sind, um die uns beschäftigende Frage der Lösung näher zu bringen, ist wohl auch Schuld daran gewesen, dass dieselbe in einen streng methodischen Untersuchungskreis bisher nicht hineingezogen wurde. Der Vortragende hofft, dass das von ihm vorgelegte, hier beigegebene Schema den Beweis liefern wird, dass seine Bemühungen, diesem Zustand ein Ende zu machen, und die von ihm gebrachten Opfer an Zeit und Material nicht ganz vergeblich gewesen sind.

Folgendes sind seine wichtigsten Resultate, von denen er übrigens einen Theil schon 1883 der Gesellschaft mittheilte.

I. Die normalen Bewegungen des Magens als Ganzes bei lebenden Thieren im Wärmekasten kann man in Folgendem zusammenfassen. An der Grenze zwischen dem oberen und mittleren Drittel des Magenkörpers, zuweilen auch etwas tiefer, bemerkt man zuerst eine Mittelfurche, die so lange vorhält, bis der Magen seine Bewegungsphase abgespielt hat, welche darin besteht, dass eine peristaltische Welle in gleichmässiger Weise von dieser Mittelfurche bis zur Pars pylorica übergeht und sich am Antrum pylori besonders deutlich markirt. Das der Cardia anliegende obere Drittel des Magens weist keine Bewegung auf; die Cardia selbst und der Pylorus zeigen einen besonderen Wechsel von Schluss und Oeffnung, und zwar meistens von entgegengesetztem Charakter. Ich glaube, dass dieser Charakter der Bewegung dem Vorhandensein der Ganglienzellen zuzuschreiben ist. Ich habe nämlich an neugeborenen Kaninchen auf gänzlich mit Gold gefärbten Mägen Ganglienhaufen entdeckt, welche nichts mit dem bekannten Auerbach'schen Plexus zu thun haben. Diese Ganglien sind denjenigen ähnlich, welche wir im Herzen kennen, sie liegen auf der Serosa und stehen in Verbindung mit grossen Vagosympathicusfasern, welche auf dem Magen liegen. An der Cardia konnte ich solcher mehrzelliger Gruppen bis 11 zählen, am Pylorus 7, und an der Magenwand sind sie radiär zerstreut und aus wenigen Zellen zusammengesetzt. Diese Topographie scheint nur die automatische Bewegung zu bedingen. Um das die Magenwand selbst Betreffende gleich zu beenden, so steht der Magenkörper mit dem Centralnervensystem in zweifacher Weise in Verbindung. Die Vermehrung der Magenperistaltik ist durch Reizung der Vierhügel zu erzielen und die davon ziehenden Bahnen gehen hauptsächlich durch das Rückenmark und strahlen im unteren Theil des Brustmarkes durch den Grenzstrang aus. Die Peristaltik des Magens wird gehemmt, und zwar das obere Drittel des Körpers ausgedehnt durch Reizung des oberen

Theils des Brustmarkes; die Bahnen dafür verlaufen im Sympathicus und Splanchnicus; die damit betrauten Fasern war nicht möglich anatomisch genau zu verfolgen. Viel genauere Daten ist mir gelungen, für Cardia und Pylorus zu ermitteln.

Cardia.

Wie ich bereits früher demonstrirt habe, kann man automatische Bewegungen derselben, cardialen Puls, stundenlang beobachten und denselben von dem Vorhandensein einer relativ grösseren Zahl von Ganglien ableiten; trennt man dieselben ab, da hört der cardiale Puls auf. Die Schliessung der Cardia wird central vermehrt durch Reizung der hinteren Partie der Vierhügel; unter strengen Vorsichtsmaassregeln war es mir nicht möglich, von anderen Stellen des grauen Hirns aus die Contractionen der Cardia hervorzurufen. Von den Vierhügeln aus theilen sich die Wege folgendermaassen: Der grösste Theil der Fasern geht durch die Vagi, um im Auerbach'schen Plexus zu enden, und sind mehr im linken als im rechten bez. hinteren Vagus repraesentirt. Die übrigen Fasern verlaufen in geringerer Zahl durch das Rückenmark, und zwar durch die vorderen Stränge. Sie treten aus demselben vom 5. bis 8. Brustwirbel heraus, um dann durch beide Splanchnici ihren weiteren Weg zu nehmen. Im Brustsympathicus bis zum 5. Wirbel einschl. sind diese Fasern nur spärlich vertreten.

Die Cardia öffnet sich centralwärts vermittelst der im Rückenmark und Grosshirn gelegenen Centren. Erstere liegen im oberen Rückenmarkstheil bis zum 5. Brustwirbel, die von ihnen ausgehenden Bahnen verlaufen weiter in den Vordersträngen und strahlen durch den Grenzstrang aus. Es scheinen diese Fasern weiter durch die Rami molles in den Plexus aorticus zu gehen, um nachher zur Cardia zu gelangen. Es ist interessant, dass durch Reizung des Splanchnicus minor die Oeffnung der Cardia zu erzielen ist, welche ausbleibt, wenn die Vagi durchschnitten sind. So ist vielleicht die Thatsache zu erklären, dass hier die sensiblen Fasern gereizt werden, welche durch den Vagus reflectorisch wirken und deren physiologische Bewegungsstelle noch unbekannt ist.

Das im Gehirn gelegene Centrum für Oeffnung der Cardia liegt in diesem Bezirke, wo sich das vordere untere Ende des Nucleus caudatus mit dem Nucleus lentiformis verbindet in geringer Entfernung von der vorderen Commissur. Diese Stelle wurde in praeciser Weise auf Längs- und Querschnitten mit der freundlichen Mithilfe des Hn. Prof. Rauber genau bestimmt. Sie ist für Hund und Katze bestimmt worden. Von dieser Stelle gesellen sich die Fasern zu der Vagusbahn und verlaufen zu beiden Vagis getheilt bis zum unteren Viertel des Oesophagus. An dieser Stelle sammeln sich dieselben, verlassen den Stamm der Vagi und endigen an der Cardia, mit den beschriebenen automatischen Ganglien in Verbindung tretend. In diesem peripherischen Verlauf haben diese Fasern einige Aehnlichkeit mit einem sich von oben nach unten ausbreitenden Fächer. Diese Fasern habe ich 1883 als peripher verlaufend entdeckt und dieser Versammlung demonstrirt. Es handelte sich damals um Kaninchen. Es ist sehr leicht, dieselben peripherisch zu demonstriren, indem man die Vagi mit schwachen Strömen und mit 6 bis 20 Unterbrechungen in der Secunde reizt, oder aber alle Fasern, welche zum Magen ziehen, abschneidet und dann unter beliebiger Stärke des Stroms und Unterbrechungszahl experimentirt, denn dann tritt nur constant die Oeffnung der Cardia zu Tage. Diese peripheren Fasern habe ich damals als besonderen N. dilatator cardiae benannt. Unter ähnlichen Versuchsbedingungen erregt man auch den centralen Punkt dieses

Nerven, welcher in jeder Gehirnhälfte liegt. Ich muss noch bemerken, dass man inconstant eine Oeffnung, welche durch denselben Weg geht, vom Sulcus cruciatus aus erzielen kann. Ich möchte diese Stelle als Nebenstation des N. dilatator bezeichnen. Endlich möchte ich noch erwähnen, dass man bei Thieren, denen alle Nervenbahnen noch erhalten sind, durch Reizung von Nieren, Blase, Uterus, Ischiadicus eine Oeffnung der Cardia erzielen kann.

Pylorus und Pars pylorica.

Das automatische Spiel des Pylorus kann auch, wie bei der Cardia, hervorgerufen werden durch locale Anaemie z. B. und ist von den erwähnten Ganglienhaufen wahrscheinlich abhängig. 1) Contraction des Pylorus wird central durch Reizung der Vierhügel hervorgerufen. Dasselbe gilt für die Pars pylorica. Die Hauptbahn wird durch die Vagi vermittelt, geht aber auch durch das Rückenmark schwach in den spinalen Nervenwurzeln bis zum 10. Brustwirbel; sie ist stärker in den unteren Wurzeln vertreten. 2) Bei Kaninchen sind in den Splanchnicis mehr erregende als hemmende Fasern vertreten, bei Hunden mehr hemmende. Die hemmenden Centren für den Pylorus habe ich in den Vierhügeln und in den Oliven gefunden, der weitere Weg geht durch das Rückenmark. 3) Neben dem Centrum des N. dilatator cardiae liegt eine Stelle, wo die Pylorusbewegungen gehemmt werden. Der weitere Weg geht bis zum 10. Brustwirbel, der weitere Verlauf ist durch die Splanchnici vermittelt. 4) Das Gehirnrindencentrum, welches für die Cardia Oeffnungen giebt, ist für den Pylorus ein Contractionsinstrument. Es ist demnach auch von grossem Interesse, dass, wenn der N. dilatator cardiae peripher gereizt ist, unter allen Umständen ein Schliessen des Pylorus erfolgt. Die beiden Effecte fallen zeitlich zusammen.

Ich habe mich weiter mit der Frage der Betheiligung des Magens am Brechact beschäftigt. Den Magendie'schen Versuch, welcher bekanntlich das Gegentheil beweisen sollte, glaube ich entschieden durch folgenden Versuch widerlegt zu haben. Wenn der Magen nämlich beim Brechact sich passiv verhält, dann brauchte man nur denselben zu paralysiren, um den Effect des Erbrechens nicht zu stören. Dies gelingt, wenn man die Gefässe desselben oder, was noch sicherer ist, die Aorta thoracica über dem Diaphragma unterbindet. Es treten dann die Brechbewegungen nach Application von Apomorphin in heftiger Weise ein, ohne dass etwas aus dem Magen herauskommt. Nimmt man die Ligaturen ab, so tritt das Erbrechen ein. Dass es sich nicht bloss um Eintritt des Brechmittels in den Magen allein hier handeln kann, scheint mir bei Apomorphinapplication ausgeschlossen zu sein.

II. Unter der Wirkung von Emeticis (Cupr. sulph., Apomorphin) erfährt die normale Peristaltik des Magens folgende Veränderung: Anfangs starke Unruhe der Gedärme, dann Schluss des Pylorus, dann folgt eine Unruhe der Magenwand, welche von der Pars pylorica anfangend, sich später am unteren und mittleren Drittel des Magenkörpers kennzeichnet und in Contraction übergeht, welche an der Pars pylorica am stärksten ausgesprochen ist, indem von oben her zu ihr laufende peristaltische Wellen immer stärker werden. Gleichzeitig zeigt das obere Drittel des Magens, welches an die Cardia grenzt, keine Bewegung, es dehnt sich im Gegentheil kugelförmig aus, so dass endlich der ganze Magen eine Birnenform annimmt, wobei der dickste Theil nach oben ge-

richtet ist. So geschieht es, dass durch Verstärkung der Pyloruscontractionen der Inhalt des Magens in entgegengesetzter Richtung seinen Ausweg finden und sich nach dem dilatirten Theil richten muss. Es resultirt aus dem oben Gesagten, dass der Pylorus und die Pars pylorica den wichtigsten Antheil am Brechvorgang haben. Weiter wird der Inhalt beim Zusammenfallen des ausgedehnten Theiles des Magens durch den Druck der Bauchpresse auf denselben in den Oesophagus befördert. Der oben beschriebene Vorgang in dem Magen wiederholt sich periodisch (Brechanfälle).

III. Die erwähnte Dilatation findet in den meisten Fällen früher als die Peristaltik des übrigen Magentheils statt. Ja, sie scheint dieselbe sogar immer erst anzuregen. Die Experimente mit Ausschluss (Abschnürungen, Ausschneidungen) isolirter Theile des Magens gestatten den Schluss, dass dieselben trotz ihrer scheinbar getrennten centralen Innervation doch mannigfach peripher verknüpft wird, so dass eine coordinirte Beeinflussung zu Stande kommt. Die pathologischen Fälle, in denen das Erbrechen bei Neubildungen am Pylorus und auch an der Magenwand, sowie bei hochgradiger Dilatation des Magens fehlte, können hier als Beleg für das Gesagte dienen und werden auch dadurch erklärt.

Nachdem wir die Betheiligung des Magens beim Brechact besprochen haben, liegt die Frage nahe, ob ein sogenanntes Brechcentrum anzunehmen ist. Man konnte schon a priori, indem man die Zahl der Gehirnstationen berücksichtigt, daran zweifeln. Es ist festgestellt worden, dass durch Apomorphin das Brechen nach vollständiger Zerstörung der Vierhügel nicht hervorgerufen werden kann. Jedoch können die Brechbewegungen noch stattfinden. Unter solchen Bedingungen erzeugt doch Cupr. sulf. ein heftiges Erbrechen. Es giebt also zwei central gelegene Angriffspunkte. Schneidet man die Medulla oberhalb der Striae acusticae durch, so findet man, dass nur nach 5 oder 6 Stunden ein Erbrechen nach Apomorphin stattfinden kann. Ich erkläre mir die Sache in folgender Weise. Bei Zerstörung der Vierhügel werden gewissermaassen die Centra im Rückenmark durch den von oben kommenden Reiz in einen Hemmungszustand versetzt. Ich bemerke ausdrücklich, dass dieser Effect nie nach der Zerstörung anderer Theile des Gehirns eintritt. Es ist möglich, dass bei Durchschneidung der Medulla der Eingriff geringer ist, so dass die Anfangs gehemmten Rückenmarkscentra später in ihre compensirende oder entfesselnde Thätigkeit eintreten. Es ist jedenfalls ausser Zweifel, dass das Brechcentrum mit dem Athmungscentrum nichts zu thun hat, da in den oben erwähnten Experimenten periodische Athmungsbeschleunigungen zu Stande kommen, aber die Brechbewegungen ausbleiben. Auch bei oberflächlicher Zerstörung der Vierhügel kann man Brechbewegungen beobachten, aber keinen Austritt der Speisen aus dem Magen. Es spricht also ein solcher Versuch für die gesonderte Lage der zur Bauchpresse gehörenden Centren, welche ich noch nicht im Stande war sicher zu untersuchen. Vor kurzem hat Tumas in der Gegend des Calamus scriptorius in der Tiefe der Medulla in einem 2^{mm} breiten und 4^{mm} langen Raume das Brechcentrum localisirt. Vorläufig halte ich es für möglich, dass in dieser Stelle die Bahnen laedirt werden, welche zum Erbrechen nöthig sind, in den vorderen Strängen verlaufen und welche, wie ich mit meinem Schüler Hrn. von Knaut nachgewiesen habe, nachdem sie durchschnitten wurden, das Erbrechen nach Apomorphin unmöglich machen. Indem ich noch hinzufüge, dass in einem

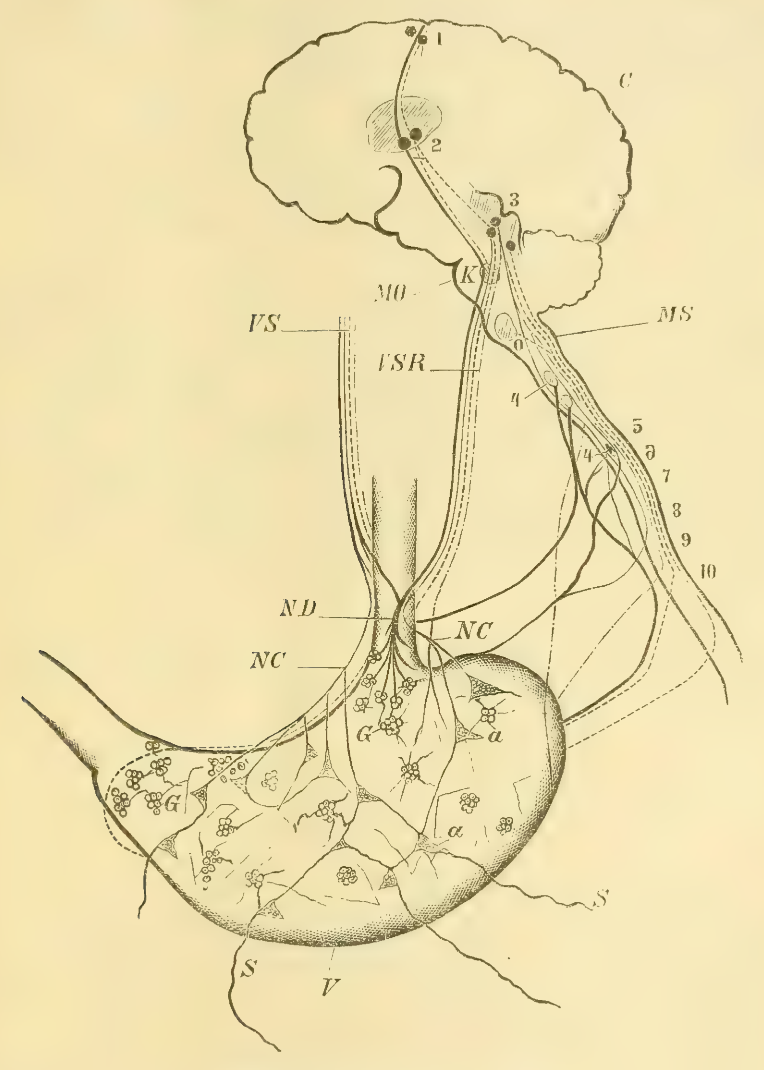
solchen postulirten Centrum verschiedene Bahnen zum Erbrechen derart bestimmt sich vereinigen müssten, so wird auch nach den physiologischen Erfahrungen leicht sein anzunehmen, dass gesonderte, verschieden functionirende Centren zum Zwecke des Erbrechens in besonderer Weise coordinirt werden.

Noch ein Wort möchte ich zum Schluss über die Eintheilung der Wirkung der Brechmittel sagen. Das Erbrechen, welches der ersten (centralen) Gruppe zugezählt werden muss, wird unmöglich: durch Zerstörung der Vierhügel, Durchschneidung des Rückenmarks bis zum fünften Wirbel, beziehungsweise der vorderen Stränge, Durchschneidung der Grenzstränge in der Höhe der sechsten und siebenten Rippe durch Ausreissung der fünften, sechsten und achten Wurzel, vollständige Durchtrennung der Splanchnici. Unter allen diesen Bedingungen fallen auch die charakteristischen Magenbewegungen aus. Eine genaue Erklärung der Wirkungsweise dieser Mittel ist zur Zeit unmöglich. Für Apomorphin konnten wir nachweisen, dass die in der Cardia und am oberen Drittel des Magens endigenden erregenden Fasern gelähmt, dagegen die hemmenden gereizt werden. So kann die cardiale Oeffnung und Magendilatation zu Stande kommen. Es scheint, dass im übrigen Theil des Magens ein anderes Verhalten der Fasern (Ganglien?) stattfindet. Wie sehr hier der Vorgang complicirt ist, sieht man daraus, dass vollständige Abtrennung (Magendarmtractus und Oesophagus) das Erbrechen aufhob. In anderen Fällen traten noch unter denselben Bedingungen die Brechversuche zu Tage. Es bleibt zu ermitteln, wie weit die Angriffspunkte peripher und wie weit sie central liegen.

Was die zweite Kategorie der Brechmittel anbetrifft (Cupr. sulf., Tart. stib.), so ist für dieselbe der vermittelnde Weg nur in der Vagis vorhanden. In einigen Fällen blieb bei notorisch brechenden Hunden nach Zerstörung der Corpora striata + Corpora quadrigemina das Erbrechen aus. Es ist klar, dass bei allen diesen Mitteln der sensible Reflex die Hauptrolle spielt, gleichgültig von welcher Stelle des Darmtractus derselbe auch ausgelöst wird. Schliesst man nämlich in einer Darmschlinge eine Lösung des Kupfersalzes ein, so tritt das Erbrechen wie von dem Magen aus ein. Vielleicht wäre somit auch jedes reflectorische Erbrechen erklärt, welches seinen Ausgang in Erkrankung der Unterleibsorgane findet. Es sei hier ausdrücklich bemerkt, dass diese Theilung nicht alle Brechvorgänge in sich schliesst. Es ist möglich, dass die Bahnen oder die Centra vicarirend für einander eintreten können, oder dass gleichzeitig beide Bahnen in Anspruch genommen werden. So wirkt z. B. subcutan injicirtes Cytisin ohne sich im Magen auszuscheiden durch Vermittelung beider Bahnen.

Da bei Wirkung aller dieser Mittel und höchst wahrscheinlich bei jedem Brechacte primäre Auftreibung des oberen Drittels des Magens stattfindet, und die Pylorusbewegungen die vorher beschriebene Rolle übernehmen, so fand ich es möglich, folgende Hypothese über den Brechvorgang aufzustellen. Es ist nämlich leicht sich vorzustellen, dass nachdem die Reizung der hemmenden Fasern des oberen Magendrittels bez. der den Tonus dieses Abschnittes erhaltenden Apparate unter der Wirkung der Brechmittel oder eines anderen Reizes einen Höhepunkt erreicht hat, dieser Theil des Magens in seinen früheren Halbtonus, in sein physiologisches Gleichgewicht zurückzukehren strebt, und dass dann reflectorische Anregungen dem contrahirenden Centrum des Magens im Gehirn zufliessen, welches jedoch in Folge des durch das Brechmittel gestörten Gleichgewichts in der Innervation nicht im Stande ist die Dilatation zu über-

Schema zur Innervation des Magens nach Th. v. Openchowski.



Erklärungen zu dem Schema.

——— Die Bahnen für Cardia. – – – – – Die Bahnen für Magenwand. — — — Die Bahnen für Pylorus.

C. Das grosse Hirn. *V* Magen. *M O* Medulla ablongata. *M S* Rückenmark, 5 bis 10 Brustwirbel. *V S R* Vagusstamm (rechte, hintere) mit Fasern für Dilatator und Constrictores Cardiae, für Magenwand und Pylorus. *N D* Nerv. dilatator cardiae. *N C* Nervi constrictores. Nach Durchschneidung derselben über dem Magen bleiben nur die Fasern des Dilatators übrig. *a* Auerbach'sches Geflecht. *G* Von uns gefundene Ganglien. *S S* Die Fasern, welche, von dem sympathischen Geflecht kommend, in die Magenwand, und zwar in den Auerbach'schen Plexus hineingehen.

1. Sulcus cruciatus mit Centrum für Cardia und Pylorus. 2. Corpus striatum und Linsenkern, mit Hauptcentren für Cardia und Pylorus. 3. Corp. quadrigemina mit Centren für alle Theile des Magens. *K* Vaguskern. *O* Olive. 4., 4. Rückenmarkscentren für die Oeffnung der Cardia.

Bis zum 5. Brustwirbel treten die Fasern (hemmende) für die Cardia und oberes Drittel des Magens aus.

Vom 5. bis 8. Brustwirbel kommen die contrahirenden Fasern für Cardia und Magenwand.

Bis zum 10. Brustwirbel strahlen die contrahirenden (wenig) und hemmenden Fasern für den Pylorus aus.

Unterhalb des 10. nur die contrahirenden Bahnen für denselben.

Grösserer Klarheit wegen sind Brust- und Bauchsympathicus nicht gesondert gezeichnet.

winden. Der Reiz kann sich nun durch Irradiation auf die nahegelegenen Bauchpresscentra übertragen, welche sodann in Thätigkeit gerathen. Diese Impulse wiederholen sich rhythmisch und so entstehen die Brechbewegungen. Der Druck, welcher dabei von der Bauchpresse auf die straffe Magenwand ausgeübt wird, hilft wahrscheinlich dem Magen durch directen Reiz seiner Wandungen in den contrahirten Zustand zurückzukehren. Diese Contraction des Magens fällt immer mit einer Entleerung desselben zusammen, und wir glauben diesem Momente der Verkleinerung auch eine gewisse austreibende Kraft zuschreiben zu können, wiewohl der grösste Theil derselben der Mechanik der Bauchpresse zukommt. Dass der Magen selbst eine gewisse austreibende Kraft besitzt, davon habe ich mich in Versuchen mit Ausschaltung der Bauchpresse überzeugen können.

Die Erfahrungen, welche ich noch über die vasomotorischen und secretorischen Wege des Magens gesammelt habe, sowie über die Verrichtungen der Gedärme kann ich nur nach Abrundung des Stoffes mit der Zeit mittheilen.

XVI. Sitzung am 28. Juni 1889.[1]

Hr. Obermüller (a. G.) hält den angekündigten Vortrag: Ueber eine Reaction des Cholesterins.

Das Cholesterin bildet mit anorganischen wie organischen Körpern einige Verbindungen, welche sich während ihres Erkaltens aus dem Schmelzflusse durch charakteristische Farbenreactionen auszeichnen. Diese Erscheinung kann zum Nachweise des Cholesterins benutzt werden.

Von den schon früher dargestellten Verbindungen des Cholesterins sind es das Cholesterylchlorid $C_{27}H_{45}Cl$ (Raymann, Planer),[2] das Cholesterylamin $C_{27}H_{45}NH_2$ (Löbisch),[3] das Silbersalz der Cholestensäure $C_8H_8O_5Ag_2$ (Latschinoff), das Cholesterylbenzoat $C_{27}H_{45}C_7H_5O_2$ (zuerst von Berthelot durch Schmelzen mit Benzoësäure dargestellt), welche bei ihrem Erkalten diese Farbenerscheinungen zeigen (Lehmann). Das Cholesterylbenzoat (von mir neuerdings durch Erhitzen von Cholesterin mit Benzoylchlorid bei 160° dargestellt) zeigt

[1] Ausgegeben am 2. August 1889.

[2] Liebig's *Annalen.* Bd. CXVIII. S. 25.

[3] *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft.* Bd. V. S. 513.

unter all diesen Verbindungen die Erscheinungen am deutlichsten, sie treten bei 178·5° ein, indess fehlt ihnen allen für den oben erwähnten Zweck die nöthige Schärfe und Dauerhaftigkeit, ausserdem ist die Darstellung dieser Verbindung mit Ausnahme des Benzoats nicht genügend einfach, sie müssen ferner in absolut reinem Zustande vorhanden sein, wenn eine Farbenreaction zu Stande kommen soll. In dem Propionsäure-Ester ($C_2H_5COOC_{27}H_{45}$) des Cholesterins habe ich nun eine Verbindung gefunden, welche bei der Einfachheit ihrer Darstellung die Farbenerscheinungen aller oben erwähnten Körper in hohem Maasse an Schärfe und Dauer übertrifft.

Die Darstellung dieser Verbindung geschieht in folgender Weise: Man mischt 10 ^{grm} (bei 100°) gut getrocknetes Cholesterin mit etwa 5 ^{grm} Propionsäureanhydrid in einem Rundkolben mit aufgesetztem Rückflusskühler und erhitzt das Gemisch auf dem Wasserbade eine halbe Stunde lang. Es bildet sich bald eine weingelbe Lösung, aus welcher sich beim Erkalten eine weisse fettglänzende zähe Masse ausscheidet, die krystallinisches Gefüge besitzt. Aus ihrer aetherischen Lösung fällt nach Zusatz von Alkohol der Propionsäure-Ester des Cholesterins, zu ihrer vollständigen Reinigung wiederholt man die Ausfällung aus der aetherischen Lösung mehrmals. Die Verbindung krystallisirt in cholesterinartig rhombischen Blättchen, die bei 98° schmelzen, sie ist leicht löslich in Aether, Benzol, Schwefelkohlenstoff, schwerer in Alkohol, am besten erhält man die Krystalle durch langsames Verdunsten einer aetheralkoholischen Lösung.

Analyse: $C_2H_5COOC_{27}H_{45}$.

Berechnet	Gefunden (f. 0·2201 Substanz):
81·44 % C	81·37 % C
11·31 % H	11.51 % H

Dieses Propionsäure-Cholesterin, wie ich es kurz bezeichnen will, zeigt nun geschmolzen bei seiner allmählichen Abkühlung ein prachtvolles Farbenspiel von ganz ausgezeichneter Schärfe, welches wohl im Stande ist, das Propionsäureanhydrid als sicheres Reagens auf Cholesterin erscheinen zu lassen, umsomehr, als weder die Alkohole der Fettreihe, noch der aromatischen, desgleichen die Terpene, zu welchen allen das Cholesterin eine Beziehung hat, auch nur annähernd ähnliche Erscheinungen zeigen. Ausserdem kann der Versuch mit den geringsten Mengen von Cholesterin dargestellt werden.

Die Farbenerscheinungen sind folgende: Die geschmolzene Verbindung wird beim Abkühlen zunächst violet, dann allmählich blau, grün, dunkelgrün, orange, carminroth und kupferroth. Die prachtvoll tiefblaue Farbe, sowie die grüne erhalten sich längere Zeit ungemein scharf. Bei plötzlichem Abkühlen der Schmelze entsteht die kupferrothe Farbe, welche ebenfalls längere Zeit anhält. Die blaue Farbe kann lange Zeit in der Weise erhalten werden, dass man die in einem Kölbchen befindliche Substanz in eine auf 98° erwärmte Glycerinlösung taucht und so zum Schmelzen bringt, die anderen Farben thun dies nicht. Diese Farbenerscheinungen sind bedingt durch die Ausscheidung und Wiederauflösung einer bis jetzt unbekannten krystallisirten Substanz, welche vielleicht auf einem Dimorphismus beruht. Man beobachtet die Erscheinungen im reflectirten Lichte am besten, im durchfallenden Lichte sind die Complementärfarben sichtbar; bei der Betrachtung unter dem Polarisationsmikroskop im durchfallenden Lichte treten folgende Vorgänge auf: Die geschmolzene Substanz ist zuerst bleigrau, dann blaugrau, hellblau und dabei in fortwährender Bewegung, plötzlich tritt ein Still-

stand ein, es erscheinen Gruppen von sphaeroidisch angeordneten Krystallen, welche bei gekreuzten Nicols ein schwarzes Kreuz haben, also aus radiär gestellten doppelbrechenden Krystallen bestehen. Die Masse geräth wieder in Bewegung, die Kreuze verschwinden, es entsteht eine weingelbe Farbe, gemischt mit rosaroth, dann eine violette, blaue, hellgrüne und dunkelgrüne, letztere verschwindet plötzlich und man sieht nun wieder sphaerische Aggregate von doppelbrechenden Krystallen, welche indess bedeutend grösser sind als die ersten.

Weitere Untersuchungen über diese Phaenomene sind im Gange.

Ausführung der Reaction.

Zur Ausführung der Reaction verfährt man folgendermaassen: Man sucht das in einem Körper etwa vorhandene Cholesterin so gut wie möglich zu isoliren und versetzt ein ganz kleines Quantum der isolirten und völlig getrockneten Substanz in einem trockenen Reagensglase mit Propionsäureanhydrid (2—3 Tropfen), schmilzt vorsichtig über einer kleinen Flamme des Bunsen'schen Brenners, so bildet sich bei raschem Erkalten die oben erwähnte fettglänzende Masse. Die Farbenerscheinung ist sehr deutlich zu beobachten, wenn man einige Körnchen dieser Masse an einem Glasstabe bis zum Schmelzen erhitzt und den Stab dann während des Abkühlens vor einem dunklen Hintergrunde betrachtet.

Die Untersuchungen wurden in der chemischen Abtheilung des physiologischen Instituts ausgeführt.

XVIII. Sitzung am 26. Juli 1889.[1]

1. Hr. N. Zuntz hält den angekündigten Vortrag: Ueber die Wärmeregulation beim Menschen, nach Versuchen des Hrn. A. Loewy.

Nachdem in den letzten Jahren die Selbstversuche von L. Fredericq eine Steigerung, die von Speck ein Constantbleiben des respiratorischen Gaswechsels unter dem Einflusse der Abkühlung ergeben hatten, galt es die Beobachtungen auf eine grössere Anzahl von Personen verschiedener Stände und Lebensweisen auszudehnen, um zu ermitteln, in wie weit das Vermögen der Wärmeregulation beim Menschen individuell verschieden ausgebildet sei. — Die Beobachtungen erstreckten sich auf 16 verschiedene Personen, im Alter von 21 bis 65 Jahren.

Es finden sich darunter sehr magere und fette Individuen, solche, welche an energische Muskelthätigkeit gewöhnt sind und solche mit sitzender Lebensweise, solche, welche viele Zeit bei jedem Wetter im Freien zubringen, wie Zimmerleute, Hausirer, und solche, welche vielfach starker Hitze ausgesetzt sind (ein Schmid). — Im Ganzen wurden an diesen 16 Personen 55 Versuchsreihen angestellt, von denen jede meist aus je 3 Bestimmungen der Grösse des Gaswechsels in der Kälte und in der Wärme bestand. — Wegen der Methode der Messung des Gaswechsels kann auf einen früheren Vortrag des Hrn. Loewy über den Einfluss salinischer Abführmittel auf den Gaswechsel des Menschen verwiesen werden.

Die Abkühlung wurde entweder durch einfaches Entblössen des Körpers bei einer Zimmertemperatur von 12 bis 16° C bewirkt, und durch Besprengen

[1] Ausgegeben am 2. August.

der Haut mit Wasser, Alkohol oder Aether beliebig intensiver gestaltet, oder sie erfolgte durch kühle Bäder, in welchem Falle stets auch der Controlversuch im warmen, einige Male auch im heissen, d. h. über 36° C warmen Bade erfolgte. — Bewegungen und Muskelspannungen waren durch Sorge für bequeme Lage der Versuchspersonen, bei den Entblössungsversuchen auf einem Sopha, bei den Badeversuchen in einem stets bis zu gleicher Höhe gefüllten Badestuhle, nach Möglichkeit ausgeschlossen. — Stets war auch den Versuchspersonen aufgegeben, alle willkürlichen Bewegungen zu unterlassen und etwaige Neigung zum Zittern nach Möglichkeit zu unterdrücken.

Es zeigte sich nun, dass nur in 26 Versuchen, d. h. in der Minderzahl derselben, Sauerstoffverbrauch und Kohlensäureausscheidung in der Kälte gesteigert waren; 20 Versuche zeigten Constanz, 9 sogar Verminderung des Gaswechsels.

Unter den 26 Fällen gesteigerter Wärmebildung, denn solche liegt unzweifelhaft vor, wo, wie in diesen Versuchen, Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung gleichmässig gewachsen sind, erklärte sich dieselbe in 13 Fällen, und darunter waren alle, bei denen die Steigerung mehr als 32 Procent betrug, durch sichtbare Muskelthätigkeit (Zittern und Spannungen).

In den übrigen 13 Fällen, bei denen es sich um Personen handelte, welche nicht an genauere Beobachtung ihrer Körperzustände gewöhnt waren, ist die Wirkung von Muskelspannungen jedenfalls nicht mit Sicherheit auszuschliessen. Ref., welcher in einer Reihe von Versuchen als Beobachtungsobject diente, konnte an sich selbst constatiren, dass es auch bei starker Kältewirkung, z. B. in einem Bade von 25° C lange Zeit möglich war, die Muskeln absolut ruhig zu halten. So lange trat auch keine Steigerung des Gaswechsels auf, diese ist also ausschliesslich von den Innervationen der Musculatur abhängig, wie dies Ref. schon früher auf Grund seiner mit Roehrig gemachten Experimente an curarisirten Thieren behauptet hatte. — Die damals vertretene Ansicht, dass solche Innervationen unter dem Einflusse der Kälte erfolgen, ohne dass eine mechanische Thätigkeit der Muskeln nachweisbar wäre, ist wenigstens für die Mehrzahl der Menschen nicht haltbar. Hier geht jede Steigerung der Oxydation mit subjectiv und objectiv fühlbaren Spannungen oder Zitterbewegungen einher. — Die reflectorische Einwirkung des Kältereizes auf die Musculatur ist im Anfange, trotzdem die Empfindung der Kälte dann am lebhaftesten ist, unschwer zu unterdrücken, erst nach langer Kältewirkung, zu einer Zeit, wo die Temperaturempfindung bereits sehr abgestumpft ist, tritt das Zittern mit einer nicht mehr zu unterdrückenden Macht auf; es handelt sich hier also um eine cumulirte Wirkung des lange andauernden Reizes, welche schliesslich den motorischen Impuls zu solcher Höhe anwachsen lässt, dass keine willkürliche Hemmung mehr möglich ist.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass unwillkürliche Steigerung des Stoffwechsels bei der Wärmeregulation des Menschen nur eine sehr untergeordnete Rolle spielt. Der Mensch wirkt der zu intensiven Kältewirkung, abgesehen von der wechselnden Wärmeabgabe durch die Haut, willkürlich entgegen, indem er einerseits durch Kleidung und Heizung dem Verlust der Wärme steuert, andererseits durch willkürliche Steigerung seiner Muskelthätigkeit die Wärmeproduction erhöht. — Nur ausnahmsweise werden diese Maassnahmen unterlassen und dann kommt es allerdings zu willkürlicher Steigerung der Wärme-

production durch das reflectorische Zittern, welches z. B. in einem der am Ref. angestellten Versuche die Sauerstoffaufnahme fast auf's Doppelte steigerte.

Es würde aber nicht richtig sein, wollten wir diese Beobachtungen am Menschen ohne weiteres auf kleinere Warmblüter übertragen. Je kleiner ein Thier ist, desto grösser ist seine Oberfläche im Verhältniss zur Masse des Körpers, desto grösser also auch unter sonst gleichen Verhältnissen sein Wärmeverlust bei gleicher Temperaturdifferenz zwischen Körper und umgebendem Medium. — Dass dieses physikalische Gesetz durch die besonderen Schutzeinrichtungen der Thiere gegen Wärmeverlust nicht wesentlich alterirt wird, folgt aus der vergleichenden Untersuchung des Stoffwechsels. Wie vielfach nachgewiesen ist, verhält sich der Stoffumsatz verschieden grosser Thiere nicht wie die Masse derselben, sondern annähernd wie die Körperoberflächen. Demgemäss hat das Meerschweinchen pr. kg Gewicht einen mehr als vier Mal so grossen Stoffumsatz als der Mensch, die Maus wieder einen fast vier Mal so grossen als das Meerschweinchen. — Der Wirkung einer Zunahme der Temperaturdifferenz zwischen Körper und Umgebung kann aber der grosse Organismus sehr viel leichter begegnen, als der kleine. Die unter dem Kältereiz blutleer und dadurch zum schlechten Wärmeleiter werdende Körperhülle ist naturgemäss um so dicker, je grösser der ganze Körper ist. Die enorme Differenz in der Erkaltungszeit einer menschlichen Leiche etwa und derjenigen einer Maus zeigt, wie viel leichter ein grosser Körper seine Eigenwärme durch blosse Regelung des Verlustes constant erhalten kann. Wenn wir trotzdem sehen, dass Meerschweinchen ihre Temperatur so vollkommen reguliren, dass dieselbe nach mehrstündigem Aufenthalt in einem Eisschranke noch ebenso hoch, oft noch um einige Zehntel Grade höher gefunden wird, als vorher im warmen Zimmer, dann ist dies nur dadurch möglich, dass die Wärmeproduction sich dem Wärmeverluste viel inniger anpasst, als wir dies beim Menschen constatiren konnten. — Die regulirende Innervation der Muskeln, die beim Menschen so sehr verspätet mit dem Zittern einsetzt und dabei noch nicht einmal zu genügen scheint, um die weitere Abkühlung des Körperinneren ganz zu hemmen, wirkt bei diesen kleinen Thieren so prompt und energisch, dass sie innerhalb weiter Grenzen, natürlich im Verein mit entsprechenden Aenderungen der peripheren Circulation, die Constanz der Blutwärme sichert.

Wir kommen so zu dem wahrscheinlichen Schlusse, dass ein Vorgang, der bei den niedriger organisirten Säugethieren sich ganz und gar als Reflex abspielt, beim Menschen zum Theil in das Bereich der willkürlichen Innervationen hinübergezogen ist. — Eine solche Verschiebung ist ja nicht ohne Analogieen und wird in diesem Falle um so verständlicher, da wir wissen, dass die thermogenetischen Reflexe sich im Bereiche des Grosshirns und seiner Ganglien abspielen. Es beweisen dies die bekannten Versuche von Wood, Ott, Aronsohn und Sachs, Richet, laut welchen Reizung gewisser Stellen des Grosshirns und speciell der Corpora striata die Wärmeproduction durch Anregung des Stoffwechsels in die Höhe treibt.

Speck sprach die Vermuthung aus, dass es sich in allen diesen Fällen um willkürliche Muskelthätigkeit handle. Gewiss complicirt solche den Ablauf derartiger Experimente und hat zur Folge, dass die Steigerung des Stoffwechsels nicht in jedem einzelnen Falle streng proportional der Abkühlung erfolgt; sie reicht aber nicht allein aus, um jene regelmässigen mächtigen Steigerungen des

Stoffwechsels zu erklären, welche Pflüger, Colasanti, Finkler und viele andere gefunden haben.

Ref. konnte in seinen zahlreichen Versuchen an Kaninchen, welche im Verein mit v. Mering, Wolfers u. a. zu anderen Zwecken unternommen waren und in welchen es gerade darauf ankam, die Bedingungen des Stoffwechsels möglichst constant zu erhalten, sich überzeugen, dass sowohl bei aufgebundenen, wie bei frei unter einer Glasglocke sich befindenden Kaninchen Bewegungen, welche den Sauerstoffverbrauch auch nur um 10—15 Procent steigern, einem aufmerksamen Beobachter absolut nicht entgehen können.

Die Ergebnisse des Hrn. Loewy fordern zu erneutem vergleichenden Studium der Wärmeregulation bei verschiedenen Thieren auf.

2. Hr. E. Herter hält den angekündigten Vortrag: Ueber den Einfluss der Zubereitung auf die Verdaulichkeit von Rind- und Fischfleisch, nach Versuchen von Hrn. Dr. Popoff.

Der Vortragende berichtet über in seinem Laboratorium angestellte vergleichende Versuche, welche die Verdauung des Eiweisses von rohem, gesottenem und geräuchertem Fleisch in künstlichem Magensafte betreffen. Ausser magerem Muskelfleisch vom Rind, unserer typischen Fleischnahrung, kam hauptsächlich das fette Fleisch vom Flussaal zur Untersuchung. Die Muskelsubstanz wurde durch Schaben mit dem Messer gleichmässig zerkleinert und von Bindegewebe möglichst frei hergestellt. Es wurden dann gleiche Gewichtsmengen der verschiedenen Fleischproben (1 oder 2 ^{grm}) mit je 10 ^{ccm} Pepsinchlorwasserstoffsäure (enthaltend 4 pro Mille HCl) und je 10 ^{ccm} destillirten Wassers bei Blutwärme 4 bis $5^1/_2$ Stunden digerirt. Nach Ablauf dieser Zeit, während welcher die Verdauung noch nicht zu Ende gekommen war (das rohe Rindfleich war zu etwa drei Vierteln verdaut), wurden die Versuche abgebrochen, indem die Chlorwasserstoffsäure in allen Portionen gleichzeitig durch überschüssiges Calciumcarbonat gebunden wurde. Die ungelöst gebliebenen Fleischreste sammt dem Neutralisationspraecipitat wurden auf gewogenem Filter gesammelt, bei 110^0 getrocknet und gewogen, dann verbrannt und das Gewicht der Asche abgezogen. Das noch in der Lösung gebliebene, nicht zu Pepton umgewandelte Eiweiss wurde bestimmt, indem die filtrirten Flüssigkeiten der Siedehitze (in strömendem Wasserdampf) ausgesetzt und die entstandenen Coagula ebenfalls auf gewogenem Filter gesammelt und gewogen wurden. Die Summe dieser beiden Werthe stellt die Menge des unverdaut, d. h. unpeptonisirt gebliebenen Eiweisses dar. Aus der Differenz zwischen dieser Summe und dem für jede Fleischsorte bestimmten Gesammteiweissgehalt[1] wurde die Menge des verdauten, d. h. in Pepton übergeführten Eiweisses berechnet.

Um den Einfluss der Siedehitze auf die Verdaulichkeit zu verfolgen, wurden je zwei gleiche Proben der rohen Fleischsorten in mit Glasstopfen verschlossenen Wägegläschen abgewogen und die eine derselben eine Stunde (Versuchsreihe I) bez. 25 Minuten (Reihe II) den Dämpfen siedenden Wassers

[1] Proben der Fleischsorten wurden bei 110^0 getrocknet und zur Bestimmung des festen Rückstandes gewogen; der Rückstand wurde mit Aether und mit Wasser ausgewaschen und wieder bei 110^0 getrocknet und gewogen; diese Wägung ergab, nach Abzug des Gewichts der Asche, den Gesammteiweissgehalt.

ausgesetzt, während die andere bei niederer Temperatur aufbewahrt wurde. Dann wurden beide in gleichmässiger Weise wie oben behandelt. In allen Fällen erwies sich das in dieser Weise gedämpfte Fleisch schwerer verdaulich als das rohe. Vom Eiweiss des Rindfleisches (Gesammtgehalt 22·1—23.5 Procent) wurden verdaut in Versuchsreihe I roh 164 ^{mgrm} und gedämpft nur 115 ^{mgrm}, in Reihe II wurden 363 und 304 ^{mgrm} verdaut; durch das Dämpfen wurde also die Verdaulichkeit um 29.9 bez. um 16·5 Procent herabgesetzt.[1] Vom Eiweiss des Aalfleisches (Gesammtgehalt 13·7—16·9 Procent) wurden verdaut in Versuchsreihe I roh 132 und gedämpft 126 ^{mgrm}, in Reihe II 230 und 221 ^{mgrm}; durch das Dämpfen wurde also die Verdaulichkeit hier nur um 4·5 bez. um 3·9 Procent vermindert. Dieser Unterschied wird wohl darauf beruhen, dass die Wirkung der Hitze auf das Fleisch eine zwiefache ist: einerseits coagulirt sie das Eiweiss und macht es dadurch schwerer verdaulich, andererseits bewirkt sie das Auseinanderfallen der Fasern, indem sie das Bindegewebe zu Leim auflöst, und begünstigt dadurch die Einwirkung der verdauenden Flüssigkeit (Frerichs); das Bindegewebe des Rindfleisches wird schwer aufgelöst, darum setzt die Siedehitze die Verdaulichkeit desselben entschieden herab; Fischfleisch zerfällt dagegen sehr schnell, da das Bindegewebe hier leicht in Leim übergeht; dieser Umstand wirkt der durch die Coagulation bedingten Verdauungserschwerung entgegen und kann dieselbe mehr oder weniger compensiren. Diese Compensation war besonders ausgesprochen in einer Versuchsreihe, in welcher das Fleisch (2 ^{grm}) nicht für sich, sondern in 10 ^{ccm} Wasser vertheilt im Dampfapparat erhitzt wurde. Auch das Rindfleisch erlitt bei dieser Versuchsanordnung durch das Erhitzen eine geringere Einbusse an Verdaulichkeit (10·4 Procent). Der Zusatz des Wassers wird hier kaum von erheblicher Bedeutung sein, wohl aber die dadurch bedingten mechanischen Verhältnisse, welche überhaupt bei der Verdauung eine wichtige Rolle spielen. Durch die Gerinnung des im Fleischsafte enthaltenen Albumins ballt sich nämlich das ohne Zusatz von Wasser erhitzte Schabefleisch zu compacten Klumpen zusammen, die der Verdauungsflüssigkeit schwer zugänglich sind; ebenso bekommt bei dem gebräuchlichen Kochen ganzer Stücke das Fleisch eine festere Consistenz, welche der Verdauung hinderlich ist. Es begreift sich, dass das in Wasser fein vertheilte Fleisch, welches sich nicht zusammenballen kann, durch die Coagulation weniger an Verdaulichkeit verliert.

Einige Versuche wurden mit geräucherten Fischen angestellt. Dem Räuchern pflegt bekanntlich das Einsalzen der Fleischwaaren voranzugehen. Entgegen einem verbreiteten Vorurtheile erwiesen sich käufliche geräucherte Aale und Schollen als recht gut verdaulich.

Vergleicht man das Fleisch der Fische mit dem Rindfleisch, so zeigte sich allerdings durchgehend rohes Fischfleisch schwerer peptonisirbar als rohes Rindfleisch; speciell für den Aal war das Verhältniss im Mittel 70:100. Da indessen die Siedehitze die Verdaulichkeit des Rindfleisches stärker

---

[1] Abgesehen von älteren, später widersprochenen Angaben kamen zu ähnlichen Resultaten Hoenigschmidt (*Wiener medicinische Blätter*, 1882, S. 582) sowie Chittenden und Cummins (*Amerikanisches chemisches Journal*, 6, Nr. 5). Letztere bestimmten die bei Behandlung mit künstlichem Magensaft in Lösung gehenden Bestandtheile und fanden ebenfalls einen erheblichen Unterschied zu Ungunsten des gedämpften Fleisches, um so grösser, je länger die Siedehitze einwirkte. Auch in Popoff's Versuchen war ein derartiger Einfluss der Erhitzungszeit erkennbar.

herabsetzt als die des Aalfleisches, so ist der Unterschied für gesottenes Fleisch nicht so erheblich. Hier war das Verhältniss im Mittel 86:100; in einem Falle wurde von dem Aalfleische nicht weniger peptonisirt als von dem Rindfleische.[1] Die Fische im gekochten wie im geräucherten Zustande bilden demnach ein bedeutend besseres, leichter verdauliches Nahrungsmittel, als man gewöhnlich annimmt.[2]

3. Hr. COWL (a. G.) spricht: Ueber das mechanische Latenzstadium des Gesammtmuskels.

Die Zeit, die nach der Reizung eines Muskels vergeht, ehe eine mechanische Aeusserung seiner Energie beobachtet werden kann, ist seit der bahnbrechenden Arbeit von Helmholtz: Ueber den zeitlichen Verlauf der Muskelzuckung, immer ein fesselnder Gegenstand der Untersuchung gewesen, während die Aufklärung dieses Phaenomens, die er dahingestellt sein liess, obwohl im Wesentlichen schon gegeben, noch heute nicht als vollständig zu betrachten ist.

Dass eine Kenntniss der Ursachen, weshalb der Muskel nach seiner directen Reizung mit Verzögerung seiner Länge bez. Spannung merklich zu ändern beginnt, Aufschluss über die weniger einfache Verzögerung, die nach Erregung eines Muskels durch Reizung des ihm zugehörigen Nerven stattfindet, geben, und etwas zur Lösung der Frage nach der Art der Fortpflanzung der Erregungswelle von den Nervenendenorganen auf die Muskelfasern beitragen würde, ist vorauszusehen. Solche Betrachtungen sowohl als das natürliche Interesse dieser merkwürdigen Erscheinung mögen genügende Gründe sein, weshalb mehrere der bedeutendsten Physiologen sich mit dieser Zeitlücke beschäftigt haben.

Bei den verschiedenen schon veröffentlichten Arbeiten hat man den Muskel, nach einer der beiden von Helmholtz angegebenen Methoden, das Stadium der noch latenten Energie aufzeichnen lassen: nämlich nach dem graphischen Verfahren, oder vermittelst der Unterbrechung eines elektrischen Contactes.

Die letztere Art der Aufzeichnung ist wohl die leichtere, die erstere dagegen, nach der Ausbildung dieser Methode durch du Bois-Reymond, Fick, Gad u. A., hat den Vorzug, die Längen resp. Spannungsänderungen des Gesammtmuskels während des Zuckungsverlaufes darzustellen, und in Genauigkeit der Zeitbestimmung steht sie der anderen nicht nach. Durch beide Methoden bekommt man von dem unmittelbar gereizten Muskel, unter sonst gleichen Bedingungen nicht sehr von einander abweichende Zeitwerthe für das Stadium der Latenz seiner mechanischen Aeusserung: Zeitwerthe, die schon Grössen einer anderen Ordnung sind, als das Latenzstadium der elektrischen Zustandsänderung des Muskels, um nicht von thermischen und chemischen Aenderungen zu reden.

Die erste Angabe von beinahe 0.01 Secunde als Mittelwerth für das Latenzstadium ist seitdem, wahrscheinlich durch Verbesserungen des aufschreibenden

[1] Der Fettgehalt, welcher in dem Aalfleisch 8·5 bis 22·5 Procent betrug, scheint in künstlichen Verdauungsversuchen nicht störend zu wirken; das Fett steigt an die Oberfläche, so dass das Eindringen der Verdauungsflüssigkeit in die Fleischtheilchen nicht erschwert wird. Im lebenden Magen, wo die peristaltischen Bewegungen eine derartige Sonderung des Fettes verhindern, wird die Verdauung der fetten Fische wahrscheinlich etwas schlechter vor sich gehen als die der mageren.

[2] Dass das Rindfleisch in der Nahrung durch Fischfleisch vollständig ersetzbar ist, wurde von Atwater (*Jahresbericht über die Fortschritte der Thierchemie*, 1887, 17, 418) und von Popoff (*Wratsch* 1889) durch Stoffwechselversuche erwiesen.

Apparates vermindert worden, und Yeo, der eine Arbeit besonders auf die Bestimmung einer sogenannten „*Normal Duration*" dieser Zeit gerichtet hat, erreicht die Zahl von 0·0065 Sec. resp. 0·0050 Sec. für das Latenzstadium der Verdickung des ausgeschnittenen Muskels dicht an den Elektroden; doch ist im Allgemeinen die Dauer des Latenzstadiums sehr variabel je nach dem Zustande des Frosches, der den Muskel liefert, und den Versuchsbedingungen bez. den Veränderungen, denen letzterer unterworfen wird.

Vermehrt man die zu hebende Last des Muskels, so wird das Latenzstadium verlängert; wird der angewandte Reiz einerseits, oder die Reizbarkeit des Muskels andererseits vergrössert, so verkürzt sich die Zeit, wie schon von Helmholtz angegeben ist. Vermindert man die zu Anfang der Zuckung gehobene Last derart, dass ein elastisches Zwischenstück den Einfluss der Trägheit des aufgehängten Gewichtes im ersten Augenblicke verringert, wie es Marey, Place und Gad gethan haben, so vermindert man die Dauer des Latenzstadiums. Zu den Momenten, die die Reizbarkeit des Muskels erhöhen, gehört nach Bernstein die Temperatur, deren Einfluss seitdem von Tigerstedt, Yeo und Heymans genauer beobachtet worden ist. Die Art der Anbringung der beiden Elektroden an dem Muskel ist auch von Einfluss auf die Dauer des Latenzstadiums, wie aus den Arbeiten von Biedermann und Tigerstedt zu ersehen ist, und Regeczy giebt in neuerer Zeit noch bestimmtere, zu diesem Zwecke veranstaltete Versuche an. Schliesslich ist schon von Gad, der zuerst die kurze Zeit von 0·004 Sec. unzweifelhaft beobachtet hat, einem dicken und nicht langen Muskel zu diesem Zwecke der Vorzug gegeben. Durch Wiederholung seiner Versuche ist dasselbe von Regeczy bestätigt; in der That giebt letzterer an, in einem Falle ein Latenzstadium von 0·0006 Sec. beobachtet zu haben; wobei er den zuckenden Theil des Muskels auf $^2/_3$ der Muskellänge beschränkte und ausserdem drei Paar Elektroden anbrachte.

Die Ergebnisse der erwähnten Versuche Gad's sind dieser Gesellschaft im Jahre 1879 vorgelegt worden als eine ein Jahr vorher unterbrochene Arbeit, die jedoch den ersten Beitrag zur Erklärung des mechanischen Latenzstadiums bildet. Einerseits suchte er mit vorzüglichen Hülfsmitteln und einem auserwählten Froschmuskel unter bedeutender Spannung vermittelst eines schweren Gewichtes, das an einem das Anfangen der Zuckung begünstigenden Gummifaden hing, das beobachtete Latenzstadium zu verkürzen, was ihm insofern gelang, als sich die erwähnte Zeitperiode von 0·004 Sec. ergab. Andererseits von der Betrachtung ausgehend, welche sich auf die Arbeiten Aeby's über die Fortpflanzung der Contractionswelle, Bernstein's über die Fortpflanzung der Reizwelle und du Bois-Reymond's über den Muskelstrom gründet, dass bei der Muskelcontraction die Zustandsänderung jedes Muskelelementes zeitlich verschieden verlaufen kann von der der übrigen Muskelelemente, und dass die beobachtete Erscheinungsweise der Zustandsänderung des Gesammtmuskels nicht ohne Weiteres einen Schluss gestattet auf das Gesetz, nach welchem die Zustandsänderung im Muskelelemente erfolgt — bahnte Gad den neuen Weg diesen Gegenstand zu untersuchen, indem er die obere Hälfte eines fest fixirten herunterhängenden, belasteten Muskels, durch elektrische Reizung der unteren Hälfte, ihre Längeänderungen aufschreiben liess. Zu diesem Zwecke dienten die Mm. gracilis und semimembranosus des Frosches, durch deren Mitte eine steife Nadel, welche einen Theil des aufschreibenden Hebels bildete, gestochen wurde. Die Muskeln waren mit 50^{grm} Gewicht belastet, vermittelst eines Häkchens an der

Beckenpfanne. Zwei mit Kochsalzlösung getränkte Wollfäden, von denen jeder aus der Thonspitze einer du Bois'schen unpolarisirbaren Elektrode kam, umschlangen den Muskel dicht unterhalb der Nadel, bez. oberhalb der Beckenpfanne. Zur Reizung dienten ausserdem zwei Daniell'sche Elemente und ein Schlitten-Inductorium, das übermaximale Oeffnungsreizschläge lieferte.

Zur Aufzeichnung der Zuckungen wurde das du Bois'sche Federmyographion benutzt.

Der constante Erfolg der Reizung der einen Muskelhälfte, während die andere schrieb, war erst eine Senkung der Schreibspitze unter die Abscissenlinie, ehe sie sich darüber erhob; oder in anderen Worten, bevor die obere Hälfte des Muskels sich zusammenzog, erlitt sie erst eine Dehnung, die durch die Contraction der unteren Hälfte und durch die Trägheit des belasteten Gewichtes bedingt wurde. Gad machte darauf aufmerksam, dass dieser Vorgang ganz ähnlich dem sei, wo ein belasteter Muskel den Balken einer aequilibrirten Waage herunterzieht, sobald er gereizt wird. Um auch den classischen Fall einer Prüfung nach dieser Art der Aufschreibung der Muskelzuckung zu unterziehen, wurde der fiedrig gebaute Gastroknemius in der umgekehrten Lage — Kopf nach unten, Sehne oben — durch einen Strom zwischen Elektroden, an den beiden Enden angebracht, gereizt. Da zeigte sich, ebenso wie in den früheren Versuchen, eine Senkung des aufschreibenden Hebels, seiner Erhebung unmittelbar vorangehend. Ob diese Senkung der Mitte des Muskels bez. die Dehnung seiner oberen Hälfte durch den unregelmässigen Bau des Gastroknemius bedingt wird, liess Gad dahingestellt sein, machte vielmehr aufmerksam auf die unmittelbare Consequenz dieser Experimente, nämlich, dass wenn man aus der Erscheinungsweise des Latenzstadiums des Gesammtmuskels einen Schluss machte auf das Latenzstadium des Muskelelementes, man einen grösseren Fehler beging als früher angenommen wurde, und dass jedenfalls die kleinsten beobachteten Latenzstadien dem wahren Werthe eines elementaren Latenzstadiums am nächsten kommen. Nun ist es leicht einzusehen, dass bei Aufschreibung der Zuckung des ganzen Muskels in der üblichen Weise, diese Dehnung eines noch im Ruhezustande befindlichen Theiles des Muskels, die durch die Contraction des anderen Theiles verursacht wird, verborgen bleiben muss. Dasselbe muss übrigens auch gelten für das Latenzstadium des durch Reizung seines Nerven erregten Muskels, denn die Endplatten der Nerven sind zwar durch den Muskel verstreut, doch bekommt jede Faser nur ein Nervenendorgan, mit Ausnahme von langfasrigen Muskeln (Sartorius u. s. w.), wie von Kühne und Sandmann bewiesen wurde, und aus dieser Thatsache erhellt die Wichtigkeit unserer Vorstellung von dem mechanischen Vorgange nach der directen Reizung eines Muskels überhaupt.

Die von Gad hervorgehobene Thatsache, dass wenn man auf einen belasteten Muskel einen Reiz ausübt, ein stärkerer Zug seinem Aufhängungspunkte und seinem noch nicht in Contraction begriffenen Theile zukommen wird als zuvor, und zwar durch die Trägheit des zu hebenden Gewichtes, wobei dieser noch uncontrahirte Theil eines höchst elastischen Körpers, wie eines Muskels, eine Dehnung erleiden wird, ist leicht verständlich, doch ehedem in der Betrachtung des Latenzstadiums übersehen worden, selbst wo der Einfluss der Trägheit des belasteten Gewichtes auf den schon sich zusammenziehenden Muskel anerkannt wurde: daher die noch lebhaft festgehaltene Ansicht, dass das Latenzstadium eines gereizten Muskels eine dunkle Function seiner Thätigkeit sei. Seit der Mittheilung Gad's sind zwei Arbeiten erschienen, die den Vorgang der

gleichzeitigen Zusammenziehung und dadurch bedingten Dehnung eines belasteten gereizten Muskels leugnen. Die erste aus dem Marey'schen Laboratorium von Mendelssohn, der, das Zurückbleiben eines an einen Gummifaden gehängten Gewichtes, wenn dem oberen Ende desselben ein plötzlicher Zug nach oben ertheilt wird — als Beispiel von Gad angegeben —, einer Prüfung nach der graphischen Methode zu unterwerfen suchte, einen widersprechenden Erfolg bekam, und der durch Contraction bedingten Dehnung eines Muskels deshalb entgegentrat.

Dadurch veranlasst, wiederholte Prof. Regeczy aus Budapest in einer Arbeit über die Ursache des Latenzstadiums vermittelst des Jendrássik'schen Fallmyographions, sowohl den erwähnten schematischen Versuch als auch den fundamentalen Muskelversuch Gad's, und brachte eine vollkommene Bestätigung der Dehnung in beiden Fällen und des zeitweiligen Zurückbleibens des Gewichtes bei. In neuerer Zeit aber glaubt sich Prof. Yeo aus London, der eine ausgedehnte Arbeit unter dem Titel: „*The Normal Duration and Significance of the Latent Period of Excitation in Muscle Contraction*", veröffentlicht hat, eine verborgene Dehnung als Erklärungsmoment für das Latenzstadium des Gesammtmuskels zu leugnen berechtigt. Während Hr. Yeo im Uebrigen das Latenzstadium vermittelst eines Unterbrechungscontactes, eines Pfeil'schen Signals und Sewall'schen Pendelmyographions misst, machte er auch einige graphische Versuche, gewissermaassen nach der Methode von Gad, d. h. er lässt einen Hebel in Verbindung mit der Mitte des belasteten Muskels die Längenveränderungen seines oberen Theiles aufschreiben. Parallelfaserige Muskeln sonderbarerweise, und wie es scheint, auch unpolarisirbare Elektroden wurden nicht angewandt. In seinen ersten Versuchen ist eine vorangehende Dehnung nicht beobachtet worden: in einer zweiten Reihe, wobei er einen viel leichteren Schreibhebel brauchte, kam solche regelmässig, doch in geringerem Grade vor.

Zwischen diesen Versuchen und denjenigen Gad's um Gastroknemius ist der Hauptunterschied eine angebliche Dehnung des gereizten Theiles des Muskels, darum leugnet Prof. Yeo die von Gad angegebene Deutung der Dehnung überhaupt und hält andere Erklärungsgründe für nöthig.

Auf dieses merkwürdige und widersprechende Resultat aufmerksam gemacht, habe ich mit Interesse die Versuche Gad's wiederholt, auch mit Reizung der oberen Hälfte des Muskels, und theile den Erfolg zu Gunsten der Dehnung als eines Erklärungsmomentes des Latenzstadiums des Gesammtmuskels hier mit.

Dieselben instrumentellen Hülfsmittel, die von Prof. Gad angewandt worden sind, habe ich auch gebraucht, nämlich ein du Bois'sches Federmyographion, eine ausserordentlich feste Stütze für den Muskel, einen Schreibhebel aus vollem Schilf, mit fest eingeschalteter Nadel, der sich um eine lange, fest fixirte Drehaxe, annähernd parallel mit der berussten Platte des Myographions bewegt, ein Belastungsgewicht (ausser für die M. sartorii, die 7 ^{g} trugen) von 50 ^{g}, zwei du Bois'sche unpolarisirbare Thonelektroden, ein Schlitten-Inductorium, Vorreiberschlüssel und zwei Daniell'sche Elemente.

Das Material bestand zum Theil aus kräftigen ungarischen Winterfröschen, und zum Theil aus frischen hiesigen Sommerfröschen von ansehnlicher Grösse. Die Praeparate — Mm. gracilis und semimembranosus und beide Sartorii — blieben nach dem Anfang des Versuches mehr als eine Stunde leistungsfähig und lieferten eine Reihe regelmässiger Zuckungscurven von gleicher Hubhöhe

bei beinahe maximaler Reizung durch Oeffnungsschläge vom secundären Kreise des Inductoriums.

Wenn diese Reizung unterhalb der Nadel des Schreibhebels, d. i. an der unteren Hälfte des Muskels, geschah, trat immer eine Senkung der Schreibspitze unter die Abcsissenlinie, ehe sie sich darüber hob, ein; bei Reizung des Muskels mit beiden Elektroden oberhalb der Nadel, hob sich die Schreibspitze in einer ebenso langen Zeit nach der Reizung, als in dem ersteren Falle sie sich zu senken anfing, und zwar hob sie sich immer schnell und ohne vorangehende Senkung von der Abscissenlinie empor. Die Anfangssenkung der Curve ist ausgeprägt und dauert beinahe so lange wie das noch vorangehende Latenzstadium des halben Muskels. Auf Reizung vermittelst Elektroden an beiden Enden des Muskels, bei aufsteigenden und bei absteigenden Strömen war der Verlauf des Anfangstheiles der Curven verschieden, indem bald eine Senkung der Schreibspitze, aber kürzer und überhaupt kleiner als in dem ersten Falle, der Erhebung der Curven voranging, bald erst eine Erhebung zu ungefähr der Zeit der Erhebung im letzteren Falle, und zwar bei umgekehrter Stromrichtung. Aus der an diesen Curven sichtbaren gleichen Länge des Latenzstadiums des halben Muskels in aufeinanderfolgenden Zuckungen bei umgekehrter Stromrichtung ist leicht zu ersehen, das eine Reizungswelle von beiden Elektroden ausging.

Reizung des Gastroknemius durch Elektroden an den beiden Enden desselben, während die Nadel des Schreibhebels durch das Centrum seines musculösen Theiles gestochen wurde, ergab sowohl bei aufsteigendem, als auch bei absteigendem Strom keine Senkung der Schreibspitze, und weitere Versuche über diesen Gegenstand wurden nicht angestellt.

Aus den Versuchen an parallelfaserigen Muskeln scheint die regelmässig wiederkehrende Dehnung eines noch ruhenden Theiles eines Muskels durch die Zusammenziehung des anderen direct gereizten Theiles sicher festgestellt und ich kann der Erklärung dieser Dehnung von Gad vollständig beistimmen. Diese Dehnung aber als einen vollkommenen Erklärungsgrund des Latenzstadiums überhaupt zu betrachten, sind wir noch nicht im Stande, obwohl Regeczy so kurze Latenzstadien wie 0·0019 Sec. unter besonderen Bedingungen beobachtet hat.

In der Mittheilung Gad's ist darauf aufmerksam gemacht, dass bei der Betrachtung des Latenzstadiums überhaupt eine scharfe Trennung zwischen dem Gesammtmuskel und dem Muskelelement gemacht werden muss: eine Ansicht, der ich besonderen Grund mich anzuschliessen sehe, indem ein Theil des zu überwindenden Widerstandes, nach Reizung der Fasern eines Muskels an einer oder mehreren Stellen, wohl von innerer Reibung herrührt, die bei dem natürlichen Vorgang bedeutend sein muss.

Was im übrigen Hrn. Yeo's Arbeit betrifft, die schon zweimal ihrem Verfasser Veranlassung gegeben hat, andere Autoren um Entschuldigung zu bitten für ein Missverständniss ihrer Arbeiten, und die genügende Beweise einer Missdeutung der Gad'schen Arbeit liefert, so möchte ich nur zweier Hypothesen erwähnen, die er mit einer scheinbar plausiblen, doch wohl unüberlegten Grundlage als Erklärungsgründe für die Dehnung, die er am Gad'schen Praeparat beobachtet hat, aufstellt, nämlich erstens, dass entweder durch die Durchstechung des Muskels vermittelst der Nadel des Schreibhebels der erste Anfang der Zusammenziehung nicht zur Anschauung kommt, während die vermehrte Dehnbarkeit des thätigen Muskels sich sofort zeigt durch das schwere Gewicht,

oder zweitens, dass zwischen der Nadel und den Elektroden eine Polarisation stattfindet, die eine tonische Contraction hervorbringt, die durch Reizung des Muskels nachlässt.

In Bezug auf die erste complicirte Annahme ist zunächst an die wohlbekannten Versuche Weber's zu erinnern, die ganz klar und deutlich eine vermehrte Dehnbarkeit eines tetanisirten zusammengezogenen Muskels darlegen, jedoch keinen Aufschluss über die Dehnbarkeit des soeben gereizten, aber noch nicht zusammengezogenen Muskels geben, worauf es in dieser Instanz lediglich ankommt. Ausserdem beobachtet man niemals, wo ein Muskel fest aufgehängt wird, eine Verlängerung des ganzen Muskels zu Anfang der Zuckung, die durch eine vermehrte Dehnbarkeit und gleichzeitig verhinderte Contraction nach dieser Hypothese bedingt sein würde.

Bei dem zweiten Erklärungsgrund, den aufzustellen schon unmöglich gewesen wäre nach einer Wiederholung der Versuche von Gad, wie sie von ihm beschrieben sind, ist es auch schwierig zu verstehen, warum man so leicht zu den Versuchen Biedermann's an den mit Veratrin vergifteten Muskeln greift, bei welchen letzterer, inmitten einer verlängerten Zuckung, eine theilweise Erschlaffung des Muskels bei Anbringung eines zweiten Reizes zur Beobachtung bekommen haben soll; doch wäre es an und für sich wünschenswerth, wenn Hr. Yeo, da sein Interesse für den erwähnten Versuch angeregt worden ist, eine Bestätigung desselben beigebracht hätte oder beibringen würde.

(Ende des Jahrgangs 1888/89 der Verhandlungen der Physiologischen Gesellschaft zu Berlin.)

Erwiderung an Hrn. I. Steiner.

S. 368 des Jahrganges 1889 *dieses Archivs* will Hr. I. Steiner das zeitliche Erscheinen beider Arbeiten („Ueber die Innervation des Schluck- und Athemcentrum" von I. Steiner und „Die Irradiationen des Schluckcentrum" von S. Meltzer) für die Fachgenossen endgültig festgestellt sehen, indem er angiebt, dass das Manuscript seiner Arbeit Ende Juli 1882 an die Redaction abgegangen, während meine Arbeit erst am 12. August 1882 als Dissertation gedruckt erschienen sei. Ohne auf die Beweiskraft dieser Argumentation einzugehen, will ich auf eine Thatsache hinweisen, die eher geeignet sein dürfte, die vorliegende Frage endgültig zu entscheiden, dass nämlich in Nr. 216 der „*Proceedings of the Royal Society*" von 1881 ein kleiner Artikel „*On the Propagation of Inhibitory Excitation in the Medulla oblongata*" abgedruckt ist, worin u. A. über die Beziehungen des Schluckcentrum zu den anderen Centren in der Medulla oblongata, also das Wesentlichste aus meiner Arbeit, kurz berichtet ist. Dieser Artikel ist von Prof. Burdon Sanderson der Royal Society am 18. October 1881 vorgelegt, nachdem er von Hrn. Kronecker bereits im April 1881 an Prof. Sanderson abgeschickt worden. Also neun Monate bevor Hr. Steiner das Manuscript seiner Arbeit zum Druck abgeschickt hat, war der wesentliche Inhalt meiner Arbeit bereits gedruckt. — Die Priorität für den Nachweis einer mit jedem Schlucke verbundenen activen Zwerchfellbewegung gehört (1870) Aug. Waller und J. L. Prévost.

New-York, 28. Juni 1889. **S. J. Meltzer.**

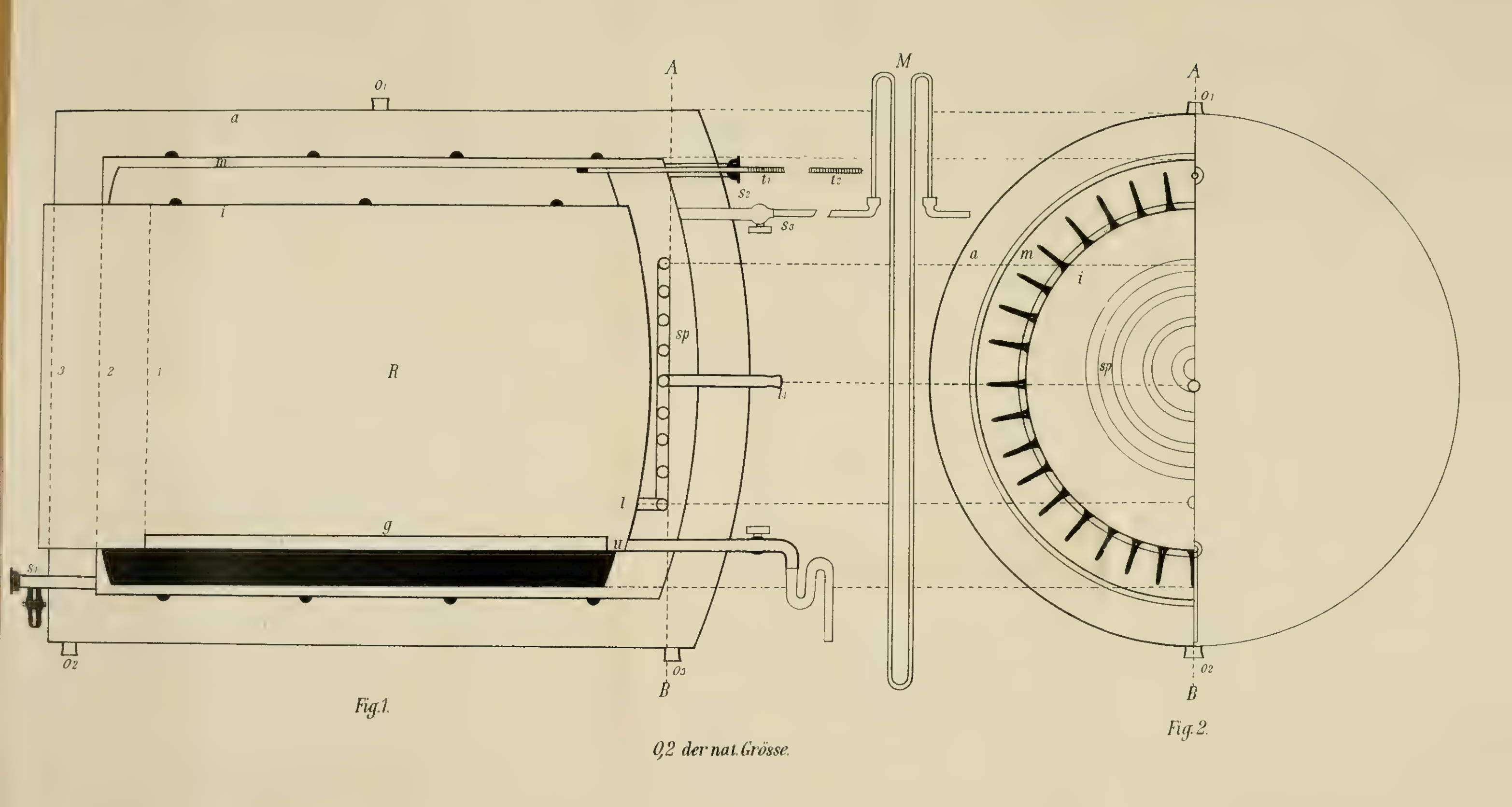


Fig. 1.

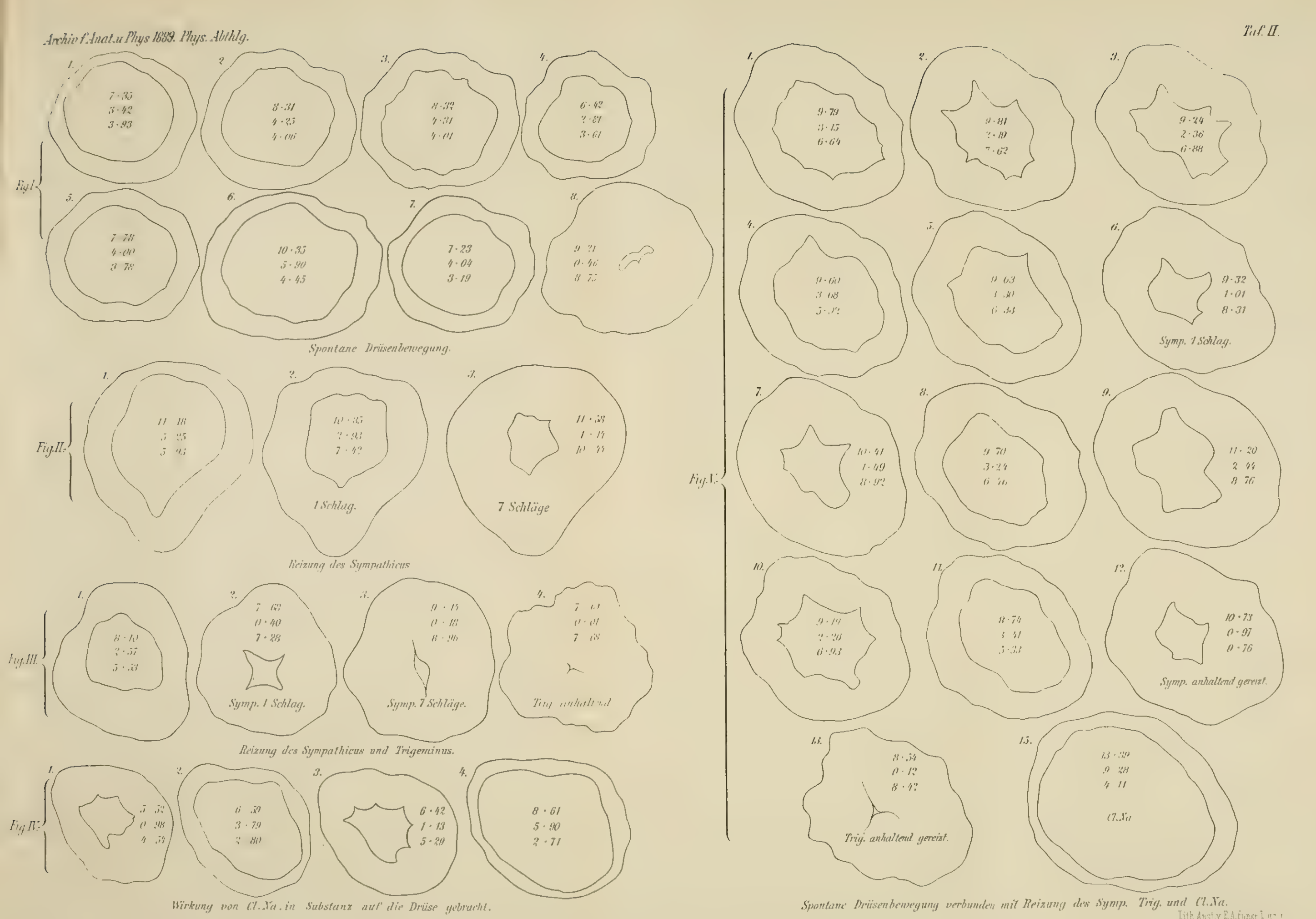
Fig. 2.

0,2 der nat. Grösse.

Verlag Veit & Comp. Leipzig.

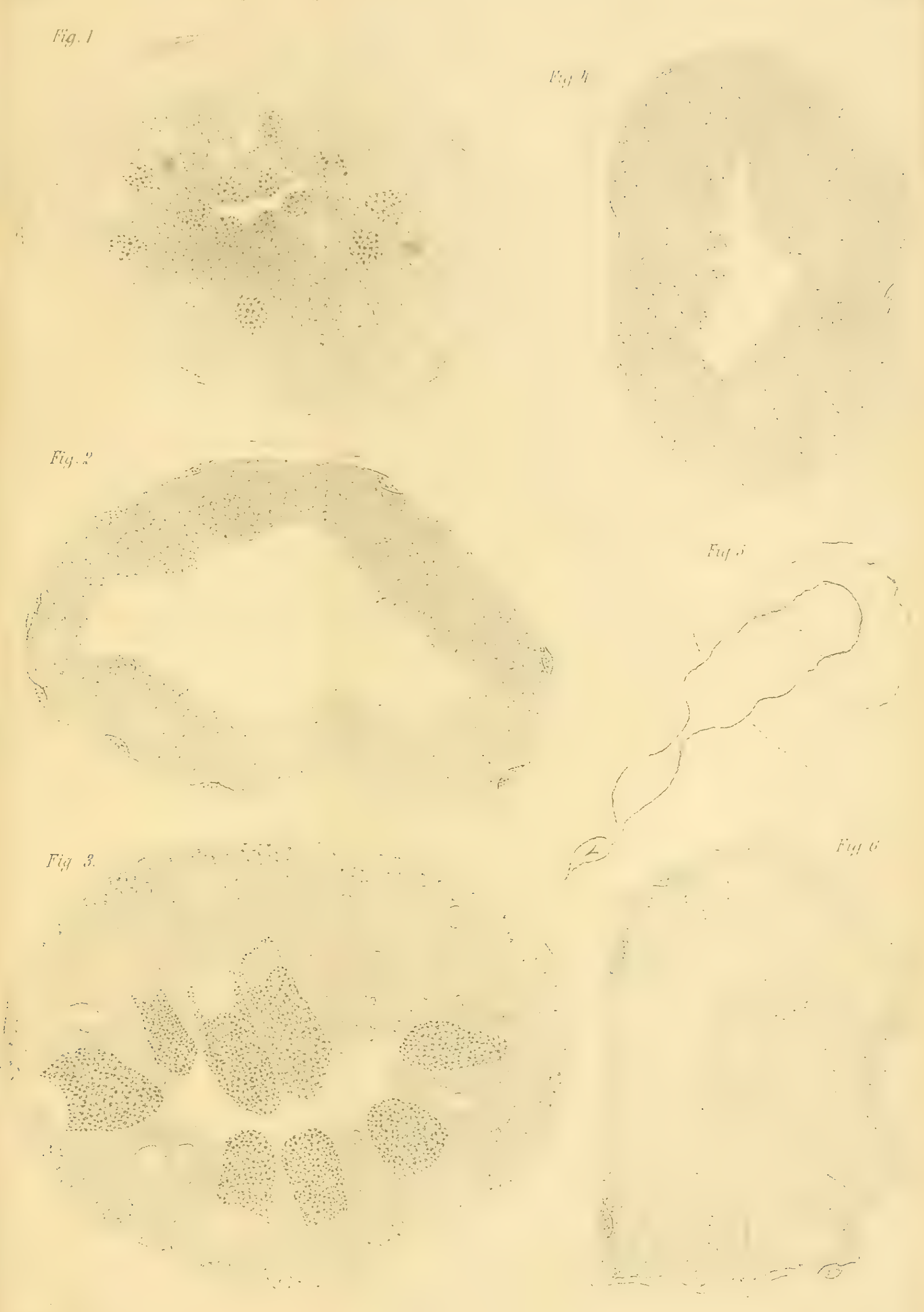
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.





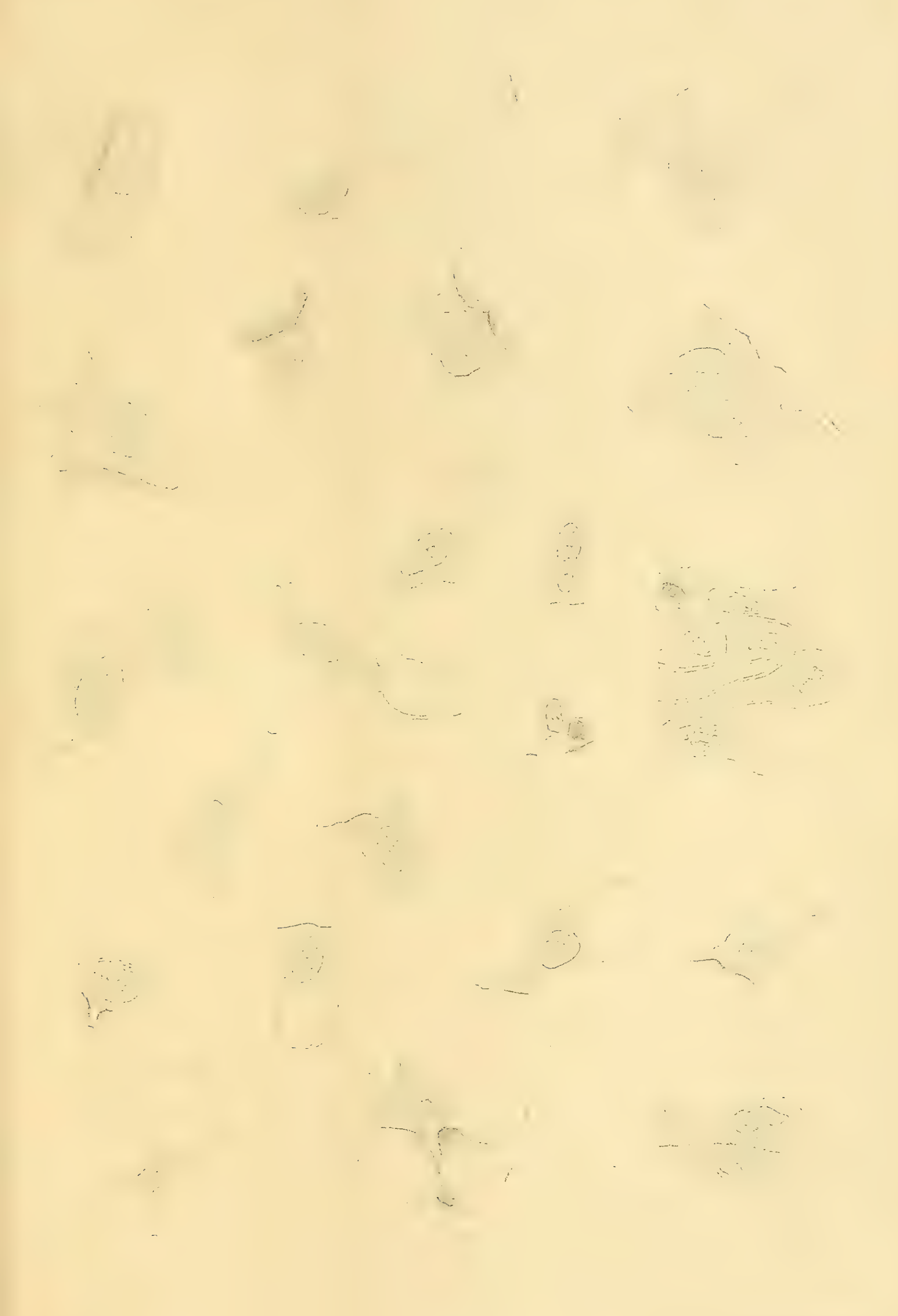
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig





Verlag Veit & Comp. Leipzig.





Drasch del.

Verlag Veit & Comp. Leipzig.

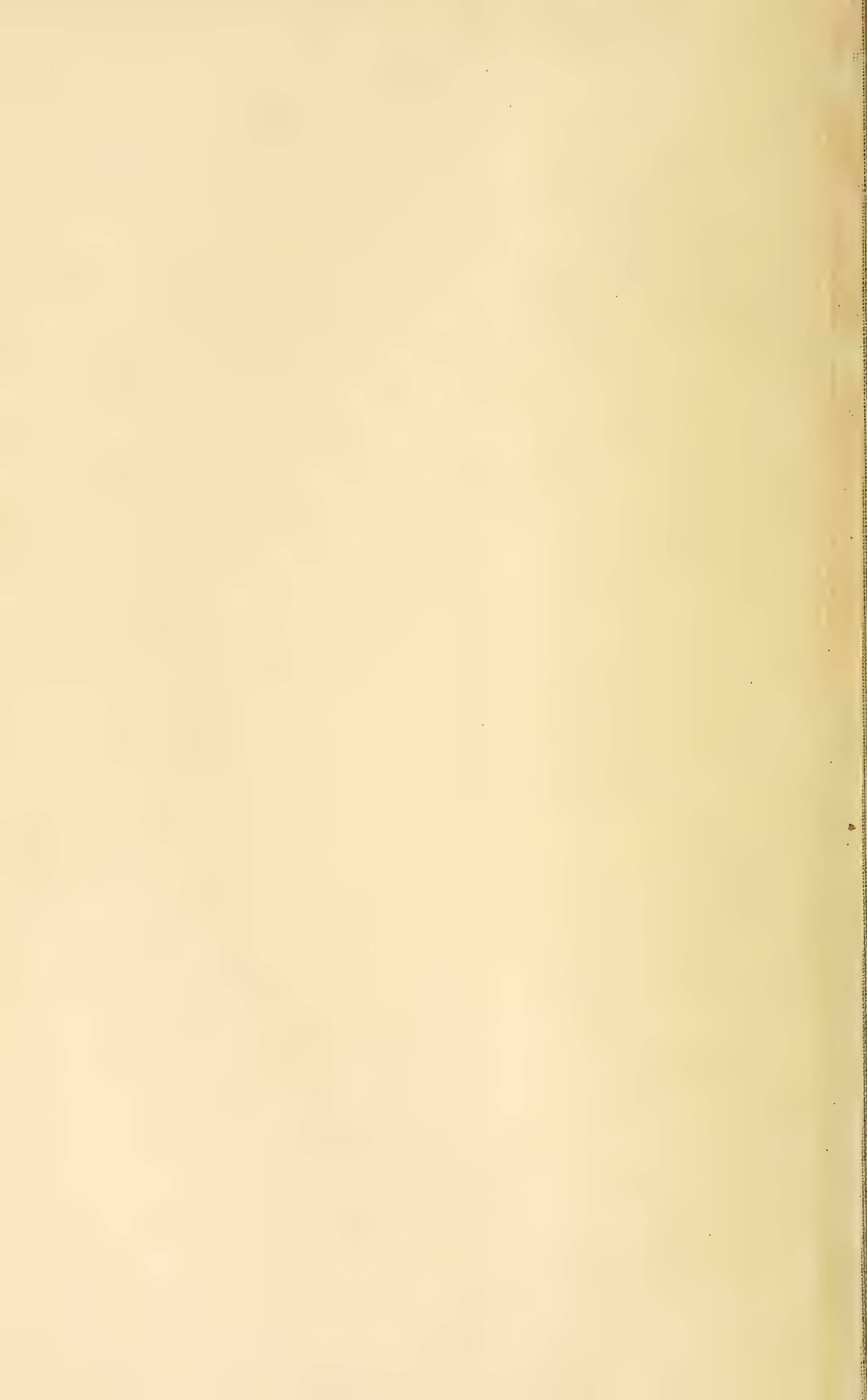


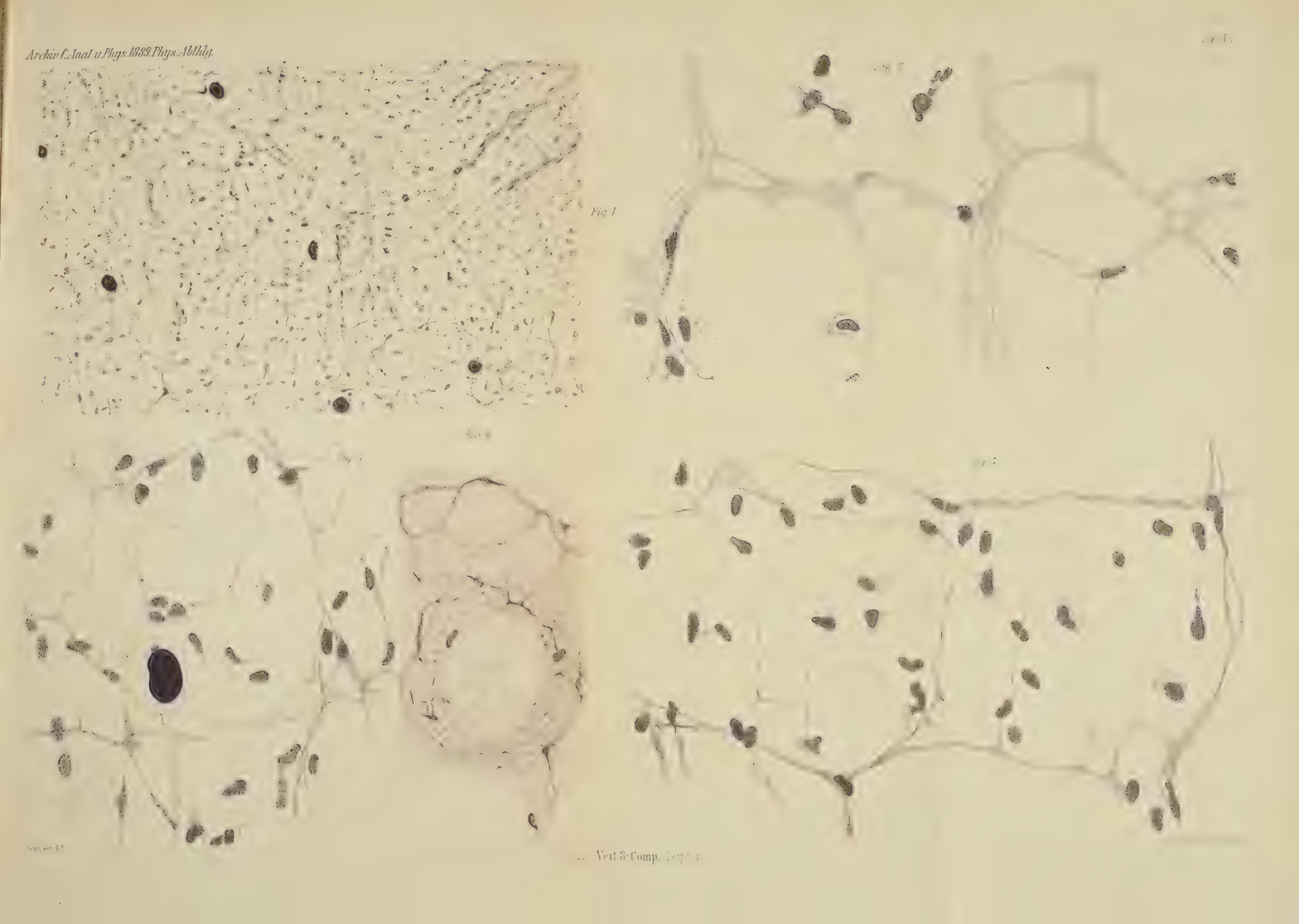


Reichert del.

Verlag Veit & Comp. Leipzig.

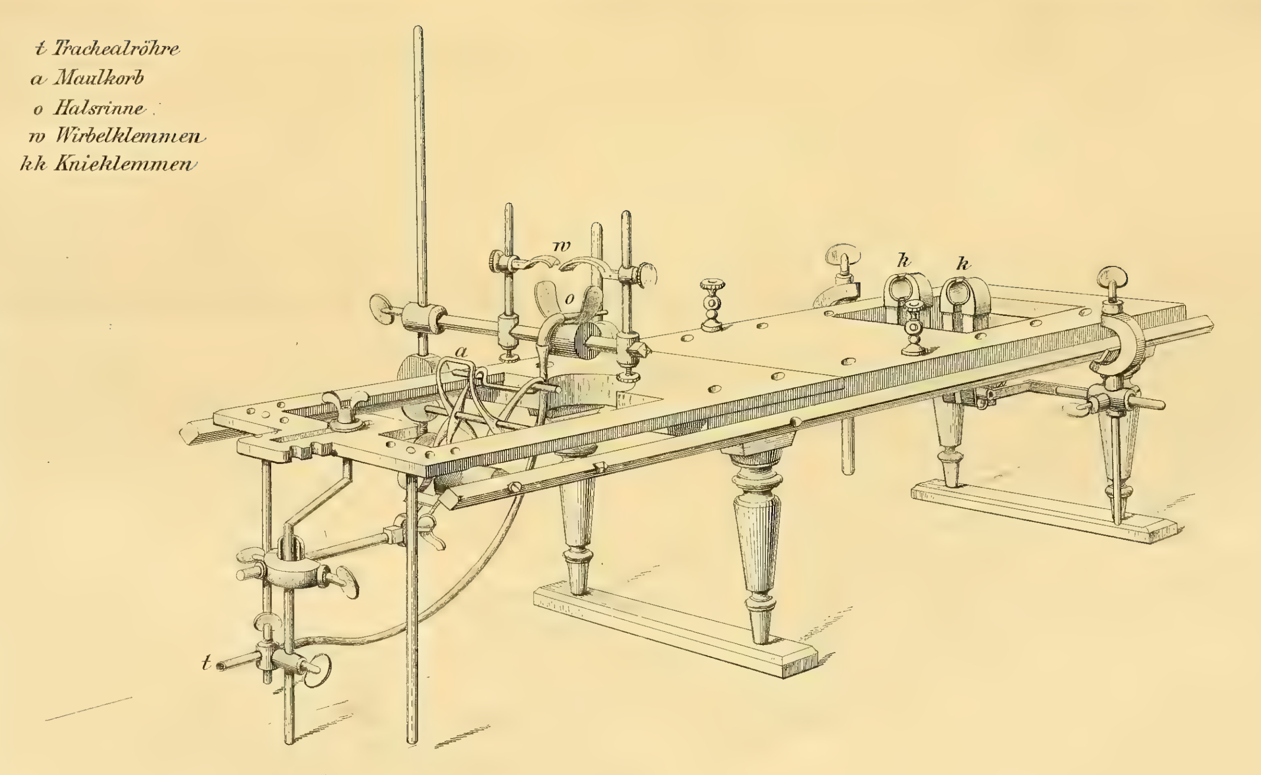
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.




Fig. 1
Veit & Comp.

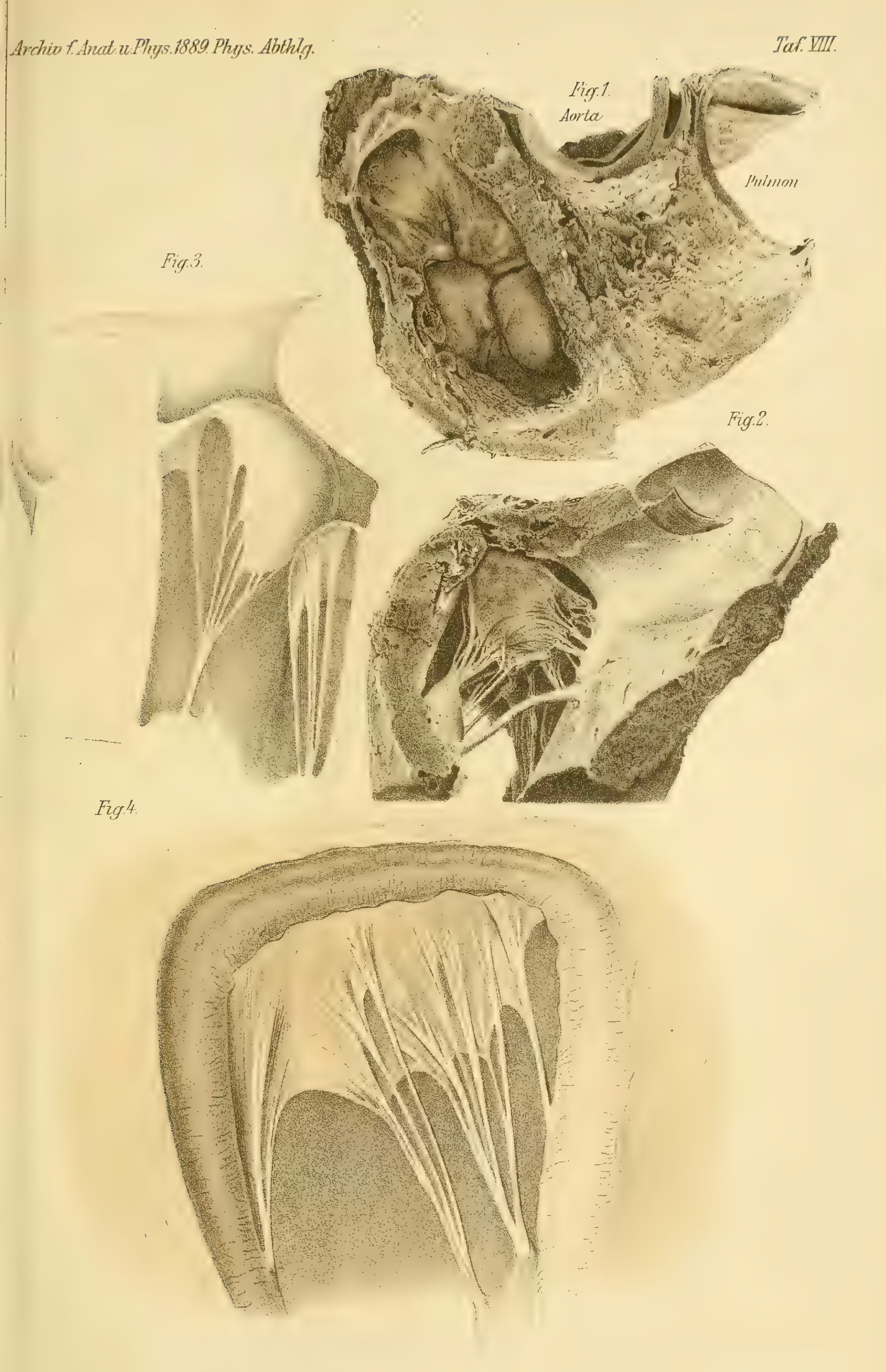


t Trachealröhre
a Maulkorb
o Halsrinne
w Wirbelklemmen
kk Knieklemmen



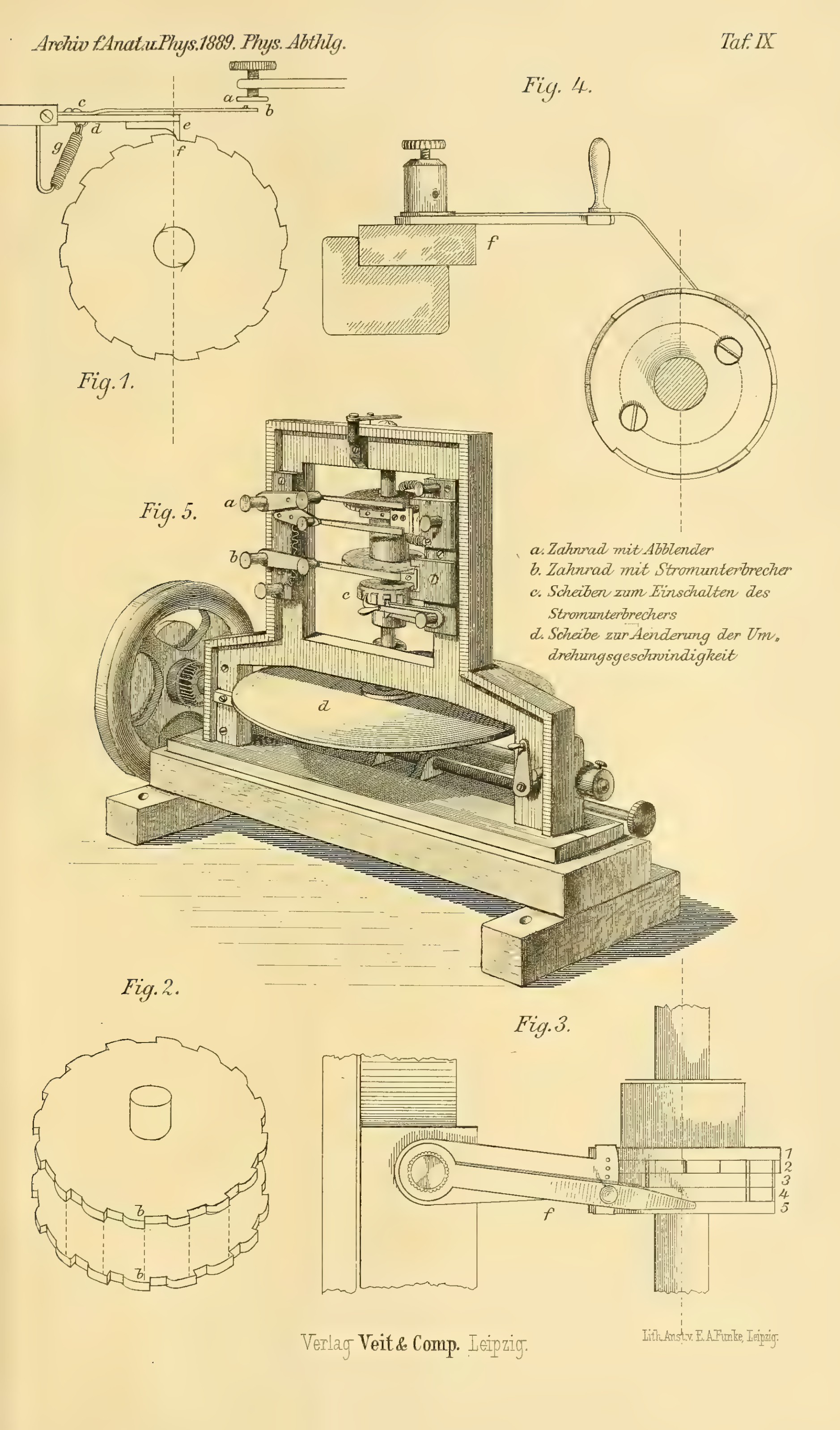
Verlag **Veit & Comp.** Leipzig. Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.





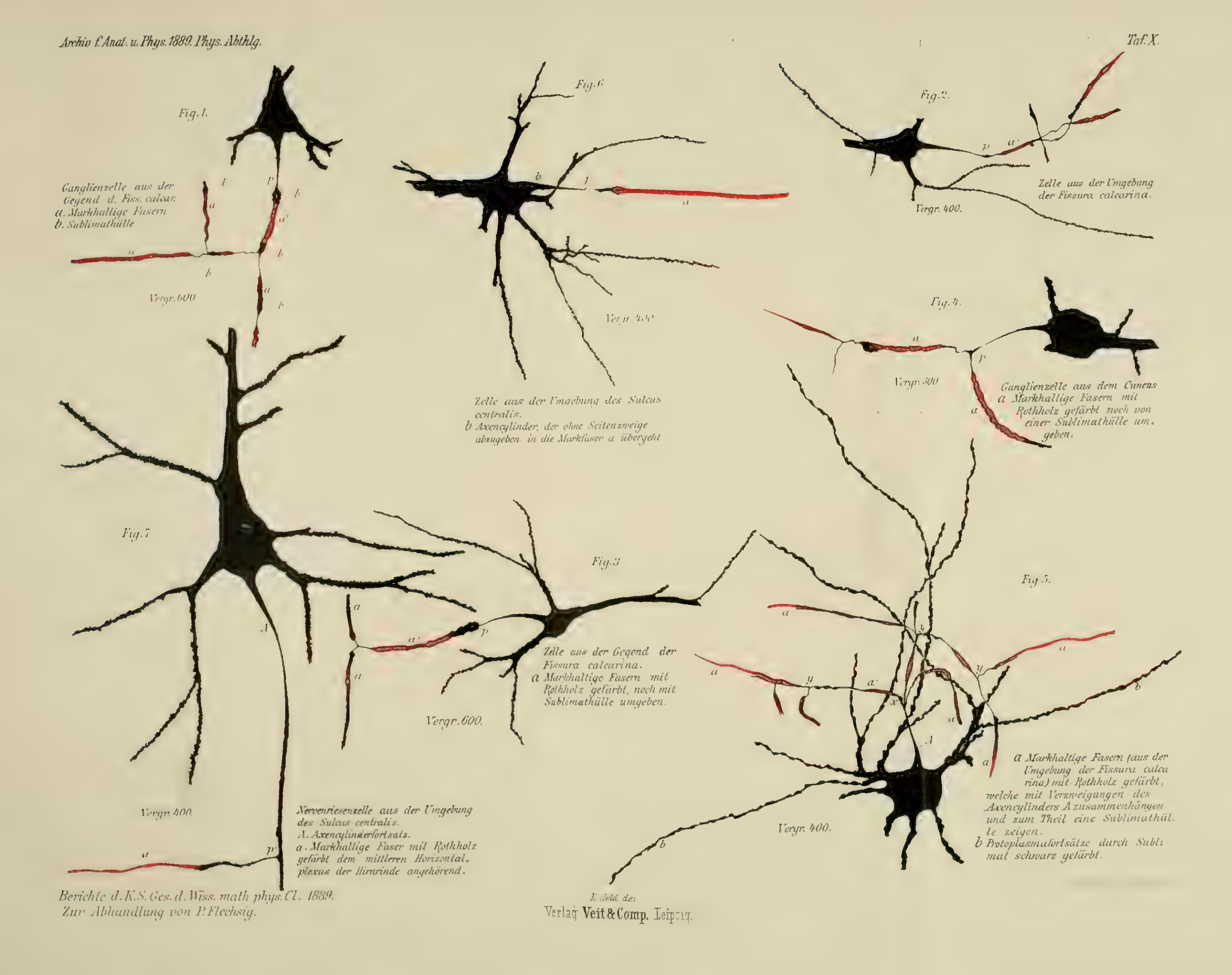
Verlag Veit & Comp. Leipzig.
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.





Verlag Veit & Comp. Leipzig. Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.





Archiv f. Anat. u. Phys. 1889. Phys. Abthlg.
Taf. X.
Fig. 1.
Ganglienzelle aus der Gegend d. Fiss. calcar.
a. Markhaltige Fasern
b. Sublimathülle
Vergr. 600
Fig. 6
Zelle aus der Umgebung des Sulcus centralis.
b Axencylinder, der ohne Seitenzweige abzugeben in die Markfaser a übergeht
Fig. 2.
Zelle aus der Umgebung der Fissura calcarina.
Vergr. 400.
Fig. 4.
Vergr. 500
Ganglienzelle aus dem Cuneus
a Markhaltige Fasern mit Rothholz gefärbt noch von einer Sublimathülle umgeben.
Fig. 7
Fig. 3
Zelle aus der Gegend der Fissura calcarina.
a Markhaltige Fasern mit Rothholz gefärbt, noch mit Sublimathülle umgeben.
Vergr. 600.
Fig. 5.
a Markhaltige Fasern (aus der Umgebung der Fissura calcarina) mit Rothholz gefärbt, welche mit Verzweigungen des Axencylinders A zusammenhängen und zum Theil eine Sublimathülle zeigen.
b Protoplasmafortsätze durch Sublimat schwarz gefärbt.
Vergr. 400.
Vergr. 400.
Nervenriesenzelle aus der Umgebung des Sulcus centralis.
A. Axencylinderfortsatz.
a. Markhaltige Faser mit Rothholz gefärbt dem mittleren Horizontalplexus der Hirnrinde angehörend.
Berichte d. K. S. Ges. d. Wiss. math phys. Cl. 1889.
Zur Abhandlung von P. Flechsig.
Verlag Veit & Comp. Leipzig.



ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL u. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1889.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

ERSTES UND ZWEITES HEFT.

MIT FÜNFZEHN ABBILDUNGEN IM TEXT UND SECHS TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1889.

(Ausgegeben am 30. Januar 1889.)

Inhalt.

Seite

J. ROSENTHAL, Calorimetrische Untersuchungen. Erster Artikel. (Hierzu Taf. I.) . . . 1

J. ROSENTHAL, Calorimetrische Untersuchungen. Zweiter Artikel 23

J. ROSENTHAL, Calorimetrische Untersuchungen. Dritter Artikel 39

MARGHERITA TRAUBE-MENGARINI, Ueber die Gase in der Schwimmblase der Fische . 54

J. ROSENTHAL, Ueber künstliche Athmung 64

R. NICOLAIDES, Ueber den zeitlichen Verlauf des Muskelstromes 73

LAHOUSSE, Die Gase des Peptonblutes 77

A. GÜRBER, Die Gesammtzahl der Blutkörperchen und ihre Variation 83

OTTO DRASCH, Beobachtungen an lebenden Drüsen mit und ohne Reizung der Nerven derselben. (Hierzu Taf. II—VI.) 96

ELLENBERGER und HOFMEISTER, Ueber die Verdauung des Schweines 137

ALFRED GOLDSCHEIDER, Bemerkungen über einen Fall von Riesenwuchs . . . 154

HENSEN, Physiologisches Practicum 162

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1887—88 166

N. ZUNTZ, Beschreibung des von Hrn. LOEWY zu seinen Respirationsversuchen am Menschen benutzten Apparates. — LOEWY, Ueber den Einfluss salinischer Abführmittel auf den Gaswechsel des Menschen. — J. F. HEYMANS, Ueber die relative Giftigkeit der Oxal-, Malon-, Bernstein- und Brenzweinsäure, sowie ihrer Natriumsalze. — W. UHTHOFF, Ueber die zur Erzeugung eben merklicher Farbendifferenzen erforderlichen Aenderungen der Wellenlänge spectralen Lichtes.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**
in Leipzig,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. E. **du Bois-Reymond**
in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung**, die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL u. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,

PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND.

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1889.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

DRITTES UND VIERTES HEFT.

MIT ACHTZEHN ABBILDUNGEN IM TEXT UND DREI TAFELN.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1889.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

(Ausgegeben am 16. Mai 1889.)

Inhalt.

Seite

J. Orschansky, Zur Lehre von der Willensthätigkeit 173

Johannes Gad und Max Joseph, Ueber die Beziehungen der Nervenfasern zu den Nervenzellen in den Spinalganglien 199

De Boeck, Die Reizung des Kaninchenrückenmarkes mit der Nadel. (Hierzu Taf. VII.) 238

Ludolf Krehl, Ueber den Herzmuskelton 253

Jos. Katzenstein, Plethysmographische Beobachtungen am Frosche 258

Severin Jolin, Zur Kenntniss der Absorptionsverhältnisse verschiedener Haemoglobine 265

Ludolf Krehl, Die Mechanik der Tricuspidalklappe. (Hierzu Taf. VIII.) . . 289

E. Hüfler, Die abgestufte Reizung des Herzvagus. (Hierzu Taf. IX.) . . . 295

E. du Bois-Reymond, Bemerkungen über einige neuere Versuche an Torpedo . 316

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1888—89 345

Barth, Ueber die Darstellung des häutigen Labyrinthes. — Möbius, Ueber die Bewegung der fliegenden Fische durch die Luft. — Posner, Ueber Schleimhautverhornung. — Gad, Ueber Leitungsfähigkeit und Reizbarkeit der Nerven in ihren Beziehungen zur Längs- und Quererregbarkeit. — G. Klemperer, Ueber den Eiweissbedarf in gesunden und in einigen krankhaften Zuständen. — Schweigger, Ueber den elektrischen Augenspiegel. — Blaschko, Ueber den Verhornungsprocess.

Aus einem Schreiben an den Herausgeber 368

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**
in Leipzig,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**
in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung,** die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL u. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1889.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

FÜNFTES UND SECHSTES HEFT.

MIT FÜNF ABBILDUNGEN IM TEXT UND EINER TAFEL.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1889.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.
(Ausgegeben am 27. November 1889.)

Inhalt.

Seite

Alfred Goldscheider, Untersuchungen über den Muskelsinn 369

J. Gad, Kurze Bemerkung zu Alfred Goldscheider's „Untersuchungen über den Muskelsinn" 503

Eugen Gröper, Ein Beitrag zur Lehre von der Fettresorption 505

Richard Altmann, Ueber Nucleïnsäuren 524

Paul Flechsig, Ueber eine neue Färbungsmethode des centralen Nervensystems und deren Ergebnisse bezüglich des Zusammenhanges von Ganglienzellen und Nervenfasern. (Hierzu Taf. X.) 537

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1888—89 539

Blaschko, Ueber den Verhornungsprocess (II). — Goldscheider, Ueber den Muskelsinn. — Sauermann, Ueber die Wirkung organischer Farbstoffe auf das Gefieder der Vögel bei stomachaler Darreichung. — von Openchowski, Ueber Centren und Leitungsbahnen für die Musculatur des Magens. — Obermüller, Ueber eine Reaction des Cholesterins. — N. Zuntz, Ueber die Wärmeregulation beim Menschen, nach Versuchen des Hrn. A. Loewy. — E. Herter, Ueber den Einfluss der Zubereitung auf die Verdaulichkeit von Rind- und Fischfleisch, nach Versuchen von Hrn. Dr. Popoff. — Cowl, Ueber das mechanische Latenzstadium des Gesammtmuskels.

S. J. Meltzer, Erwiderung an Hrn. J. Steiner 568

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**
in Leipzig,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**
in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung**, die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.







